



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**NÁVRH ROBOTICKÉ BUŇKY PRO SVAŘOVÁNÍ RÁMU
MOTOCYKLU**

DESIGN OF A ROBOTIC CELL FOR MOTORCYCLE FRAME WELDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Dvorník

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Aleš Pochylý

BRNO 2018

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Bc. Jan Dvorník**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Výrobní stroje, systémy a roboty
Vedoucí práce: **Ing. Aleš Pochylý**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh robotické buňky pro svařování rámu motocyklu

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je návrh pracoviště s průmyslovým robotem pro svařování rámu motocyklu. Práce se zabývá výběrem hlavních komponent a jejich umístění – návrh layoutu pracoviště, návrhem koncových efektorů, upínacích přípravků a návrhem zabezpečení pracoviště – ochrany obsluhy.

Cíle diplomové práce:

1. Návrh koncepce pracoviště pro daný typ aplikace.
2. Návrh dílčích systémů (koncové efekторы, přípravky apod.)
3. Integrace dílčích systémů pracoviště, resp. vytvoření modelu pracovní buňky včetně řešení bezpečnosti.
4. Vytvoření simulačního modelu pracoviště v SW Siemes Process Simulate.

Seznam doporučené literatury:

SICILIANO, B. KHATIB, O. Springer Handbook of Robotics. Springer-Verlag New York, Inc., 2008. 1611 s. ISBN 978-3-540-23957-4

PIRES, J. N. Industrial Robots Programming: Building Applications for the Factories of the Future. Springer, 2008. 282 s. ISBN 978-0-387-23325-3

NOF, S. Y. Springer Handbook of Automation. Springer, 2009. 1812 s. ISBN 978-3-540-78830-0

MONKMAN, G. J., HESSE, S., STEINMANN, R. SCHUNK, H. Robot Grippers. Wiley-VCH Verlag, 2007. 463 s. ISBN 978-3527406197

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem koncepce robotického pracoviště pro svařování rámu motocyklu. Na začátku práce jsou stanoveny parametry svařovací linky. Dále je popsán rozbor svařovaného rámu motocyklu. Následuje návrh layoutu svařovny s ohledem na bezpečnost. Druhá polovina práce je zaměřena na návrh svařovacího přípravku. Součástí práce je 3D model svařovny a simulace výrobního procesu.

ABSTRACT

This master thesis deals with the design of a robotic workplace concept for motorcycle frame welding. At the beginning the aim of work are determined parameters of welding line. Next part is description of a analysis motorcycle welded frame. The design of layout follows especially with regards to safety. The second half of the work is focused on the design of welding jig. Parts of this thesis are 3D model of the welding shop and simulation of the production process.

KLÍČOVÁ SLOVA

Návrh robotického pracoviště, plánování výroby, robotické svařování rámu motocyklu

KEYWORDS

Design of robotic workcell, production planning, robotic welding motorcycle frame

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

DVORNÍK, J. *Návrh robotické buňky pro svařování rámu motocyklu*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2018, 93 s., Vedoucí diplomové práce Ing. Aleš Pochylý.

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu diplomové práce panu Ing. Aleši Pochylému a odbornému konzultantovi panu Ing. Janu Pokornému z firmy Chropyňská strojírna, a.s. za cenné rady a připomínky při zpracování diplomové práce. Dále bych také rád poděkoval svým rodičům za jejich podporu nejen při tvorbě této práce, ale i v průběhu celého studia.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Aleše Pochylého a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2018

.....

Jan Dvorník

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	MOTIVACE.....	17
3	ZADÁNÍ	19
3.1	Cíl práce	19
3.1	Premisy projektu	19
3.2	Svařenec	19
4	TECHNICKÉ ŘEŠENÍ.....	21
4.1	Takt linky	21
4.2	Parametry linky	21
4.3	Rozměry pracoviště	21
5	ROZBOR SVAŘENCE.....	23
5.1	Stanice 90.....	23
5.2	Stanice 80.....	24
5.3	Stanice 70.....	25
5.4	Stanice 60.....	26
5.5	Stanice 50.....	27
5.6	Stanice 40.....	29
5.7	Stanice 30.....	30
5.8	Stanice 20.....	31
5.9	Stanice 10.....	33
6	NÁVRH SVAŘOVACÍ LINKY	43
6.1	Layout svařovací linky.....	43
6.2	Manuální část linky.....	43
6.3	Robotizovaná část linky.....	44
6.4	Svařovací technika	47
6.5	Robot.....	48
7	ČASOVÁ ANALÝZA	51
7.1	Pracovník W01	51
7.2	Pracovník W02	52
7.3	Robot R01	52
7.4	Robot R02	54
7.5	Robot R03.....	54
7.6	Robot R04.....	54
8	SVAŘOVACÍ PŘÍPRAVEK.....	55
8.1	Návrh svařovacího přípravku.....	55
8.2	Sled zakládání komponentů	57
9	BEZPEČNOST PRACOVIŠTĚ.....	59
9.1	Přehled rizik.....	59
9.2	Bezpečnostní prvky linky	64
9.2.1	Pevné ochranné zábrany	64
9.2.2	Dveřní systémy	66
9.2.3	Laserový skener	67
9.2.4	Světelné závory.....	68
9.2.5	Nouzové zastavení.....	69

9.2.6	Signální věž	70
9.3	Přehled norem pro posouzení shody.....	71
10	KOMPONENTY SVAŘOVACÍ LINKY	73
11	DIGITÁLNÍ TOVÁRNA TECNOMATIX.....	75
11.1	Process Designer	75
11.2	Process Simulate.....	75
11.3	Plant Simulation	76
12	SIEMENS PROCESS SIMULATE	77
12.1	Model linky	77
12.2	Simulace	81
13	ZHODNOCENÍ A DISKUZE	83
14	ZÁVĚR.....	85
15	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	87
16	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	89
16.1	Seznam tabulek.....	89
16.2	Seznam obrázků.....	89
17	SEZNAM PŘÍLOH.....	93

1 ÚVOD

V dnešní době je již běžným standardem implementovat automatizované, nebo alespoň částečně automatizované prvky do výrobních procesů. Správně navržené robotizované pracoviště snižuje výrobní náklady, zvyšuje kvalitu a produktivitu výroby. Tím celkově zefektivníme celý výrobní proces, čímž dojde k navýšení konkurenceschopnosti výsledného produktu na trhu. Nejčastěji robotizované aplikace ve výrobě jsou manipulační, svařovací, lakovací a obráběcí operace. U robotických svařovacích aplikací s podporou vhodných přípravků jsme schopni docílit velké přesnosti a opakovatelnosti svarových spojů.

Diplomová práce se zabývá návrhem konceptu robotické linky pro svařování rámu motocyklu. Prvotní nutností je rozčlenit celek svařovaného rámu na jednotlivé výrobní podskupiny a na základě toho stanovit optimální sled výroby. Nedílnou součástí práce je vytvořit časovou analýzu a layout pracoviště naplánované výroby. Další část práce se zaměřuje na konstrukční návrh vybraného svařovacího přípravku. Součástí této práce bude vytvoření 3D simulačního model a simulace vybraného pracovního cyklu linky v softwaru Siemens Tecnomatix Process Simulate (v. 13.1.1).

Svařovací linka je navržena pro potenciální integraci do výrobního provozu největšího tuzemského výrobce motocyklů, který plánuje rozšíření své stávající výrobní kapacity.

2 MOTIVACE

Hlavní motivací této práce je vytvořit koncept robotického pracoviště, který umožní přejít ze stávající manuální výroby na automatizovanou výrobu a dále navýšit stávající výrobní kapacitu podniku. Navržený koncept pracoviště byl vytvořen na základě reálné poptávky od výrobce motocyklů.

V průmyslové praxi se běžně při návrhu robotických pracovišť využívá podpora softwarů umožňující simulovat procesy robotů. V této práci bude využit návrhový software od společnosti Siemens (Tecnomatix Process Simulate), který je dostupný na ÚVSSaR. Tecnomatix Process Simulate je v dnešní době již běžným standardem v automobilovém průmyslu.

3 ZADÁNÍ

3.1 Cíl práce

Cílem práce je navrhnout koncept automatizované linky pro svařování motocyklového rámu, dále ho rozplánovat a konstrukčně rozpracovat. Koncept výroby bude obsahovat:

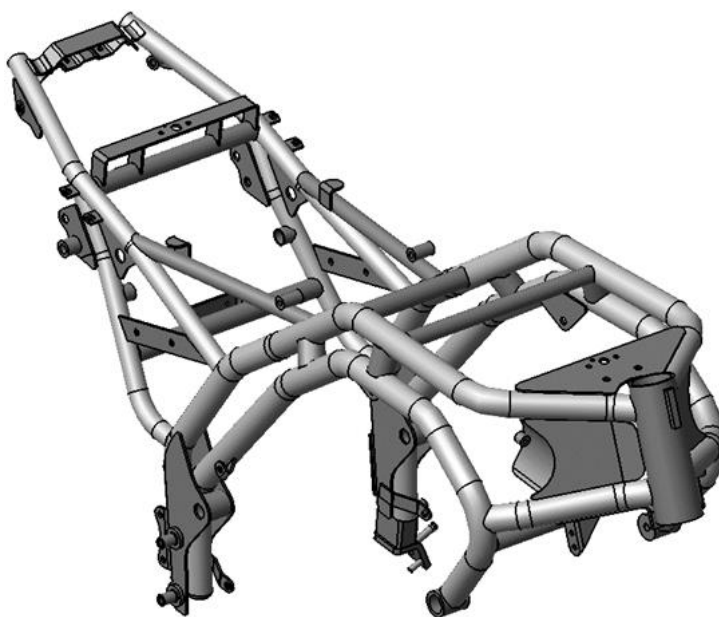
- jednotlivé podskupiny a sled výroby
- časové analýzy jednotlivých operací
- layout pracoviště
- konstrukci vybraného přípravku
- simulaci vybraného uzlu

3.1 Premisy projektu

- termínový plán projektu
- výrobní hala
 - nosnost podlah
 - stavební omezení (rozpon sloupů, média v podlaze, atd.)
- výrobní kapacita
 - 5000 ks/rok → 20 ks/den
 - jednosměnný režim

3.2 Svařenec

Cílem automatizované linky je sestavit rám motocyklu z jednotlivých základních komponentů pomocí obloukového svařování, proto jeden z nejdůležitějších kroků je analyzovat celý rám motocyklu a navrhnout postup při svařování viz kapitola 4. Na obrázku 1 je zobrazen kompletní svařenec rámu motocyklu.



Obr. 1) Model svařence [1]

4 TECHNICKÉ ŘEŠENÍ

4.1 Takt linky

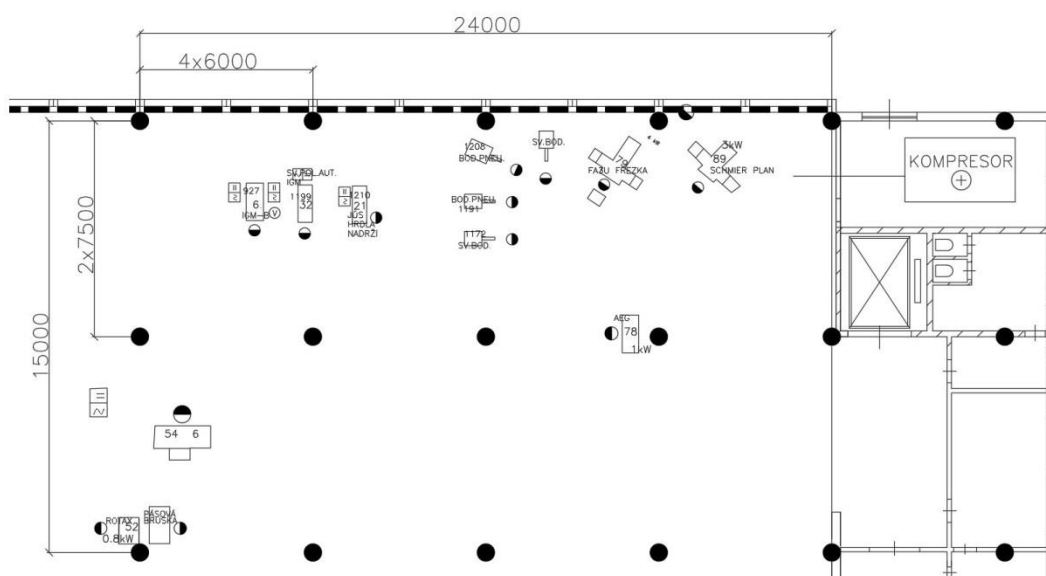
- čistý pracovní čas: 7 h 10 min (technologická přestávka 20 min, polední přestávka 30 min, tj. 25 800 s)
- hrubý takt: $25\,800/20 = 1\,290\text{ s}$
- takt linky: $1\,290 \cdot 0,85 = 1\,097\text{ s}$

4.2 Parametry linky

- manuální výroba podsestav svařenců
- robotické svařování hlavních podkompletů a svařenců
- takt robotické části linky nezřetězen – každý robot je řízen samostatně
- přípravky vybaveny mechanickými upínkami
- přípravky bez kontroly zavření upínek
- přípravky bez kontroly přítomnosti dílu
- ruční manipulace bez použití mechanizačních prostředků nebo manipulátoru
- centrální odsávání v robotické části linky
- mechanické zábrany proti průchodu do robotické části linky
- základací vstupy zajištěny bezpečnostními rolovacími vraty
- prostor pro zakládání je zajištěn bezpečnostní světelnou závorou

4.3 Rozměry pracoviště

Dalším důležitým aspektem při návrhu svařovací linky je maximální zastavěný prostor a stavební omezení ve výrobní hale zadavatele projektu. Snahou při koncepčním návrhu pracoviště je co nejvíce minimalizovat prostor zastavěný svařovací linkou. Na obrázku 2 je zobrazen maximální zastavěný prostor linky o výměře 24 000 x 15 000 mm.

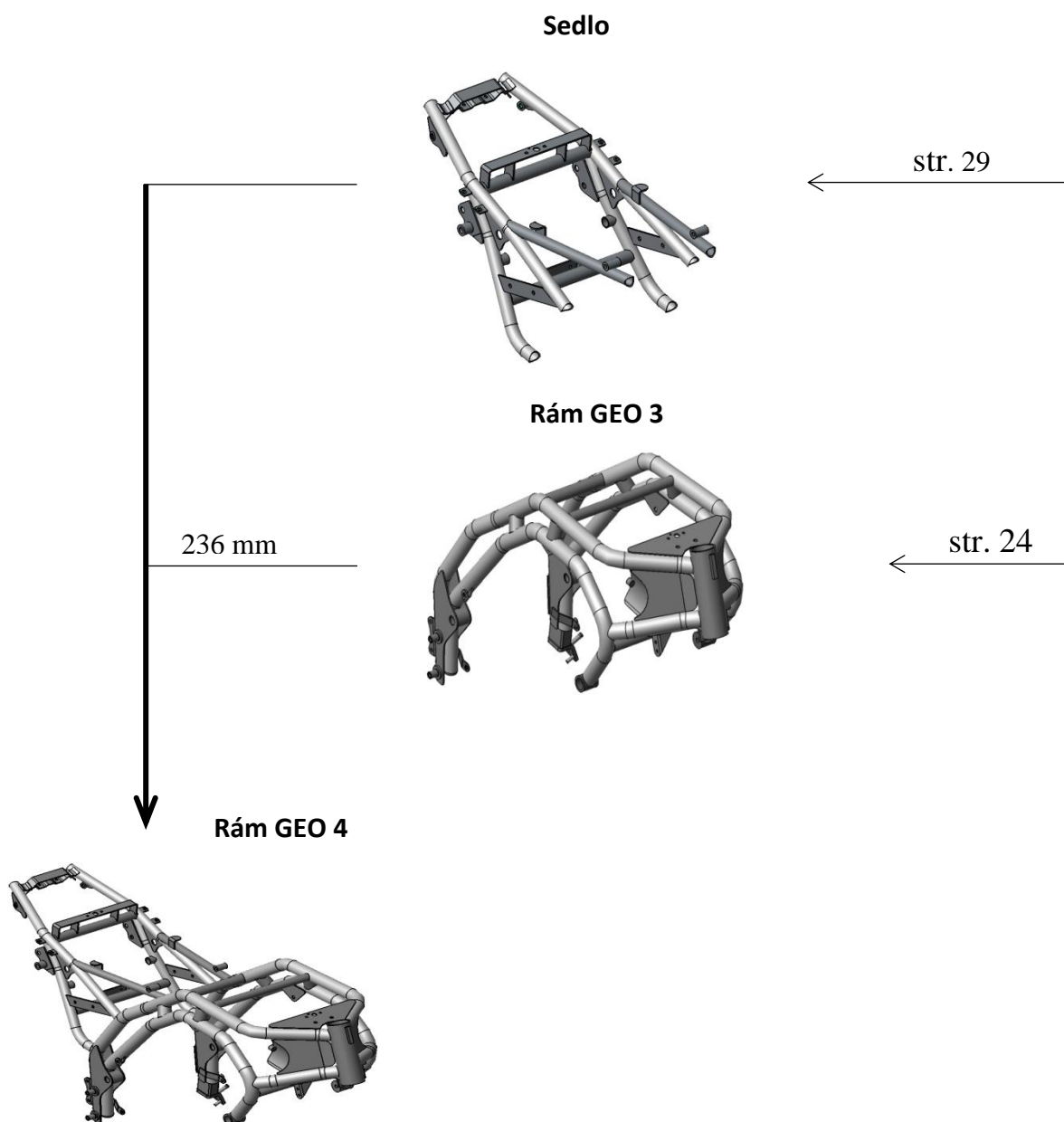


Obr. 2) Půdorys výrobní haly – zástavný prostor [1]

5 ROZBOR SVAŘENCE

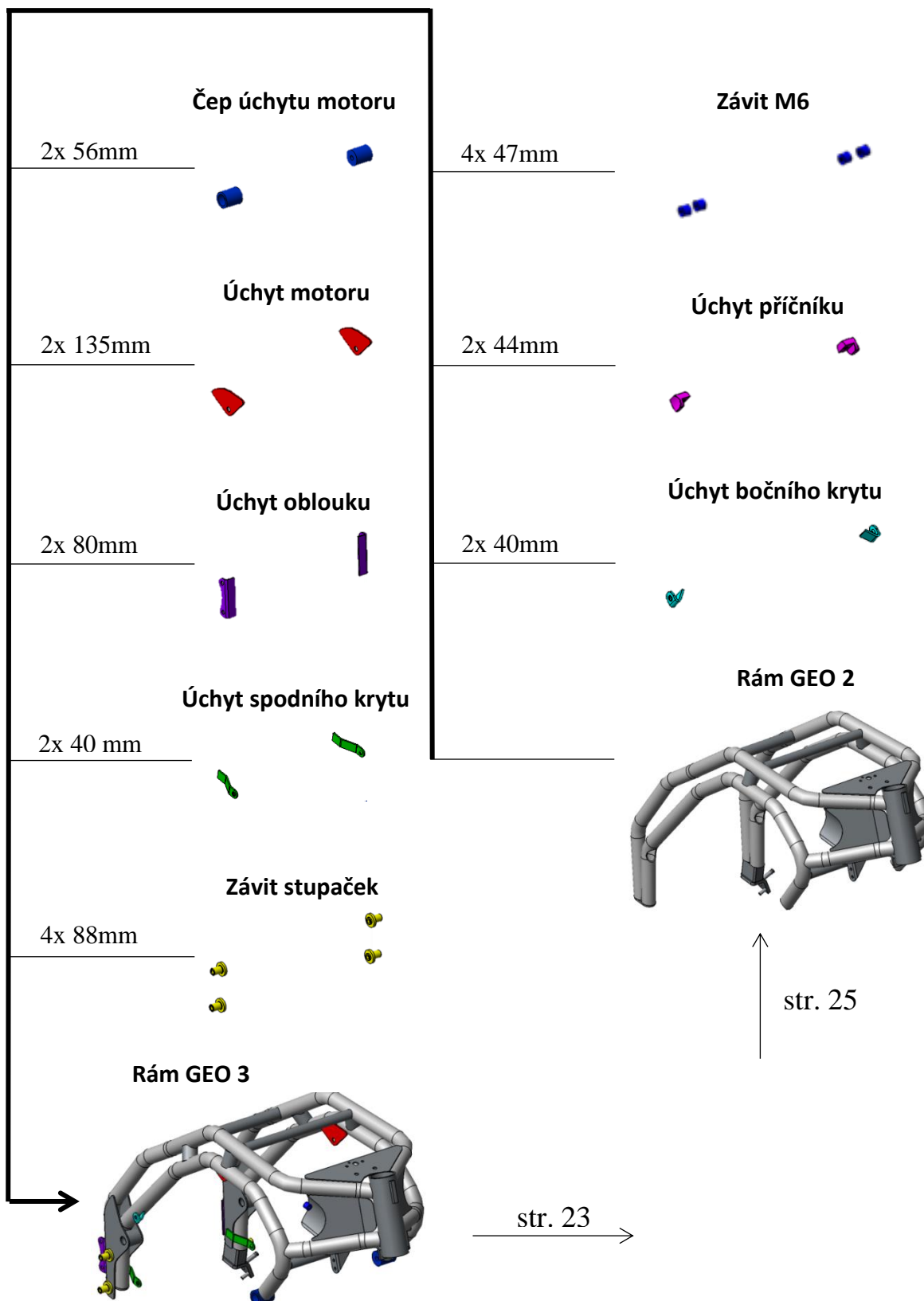
Rám motocyklu je složen z jednotlivých základních komponentů. Pro návrh svařovací linky je nutné provést analýzu celého svařence a navrhnout sled zakládacích operací. Sled zakládání je rozdělen do jednotlivých pracovních stanic, kde bude probíhat následně svařování podkompletů. Rozbor svařence obsahuje i délky svarů, na základě nichž stanovíme vytíženost jednotlivých pracovních stanic. Navržený sled zakládání je zobrazen na obrázku 3 až 22.

5.1 Stanice 90



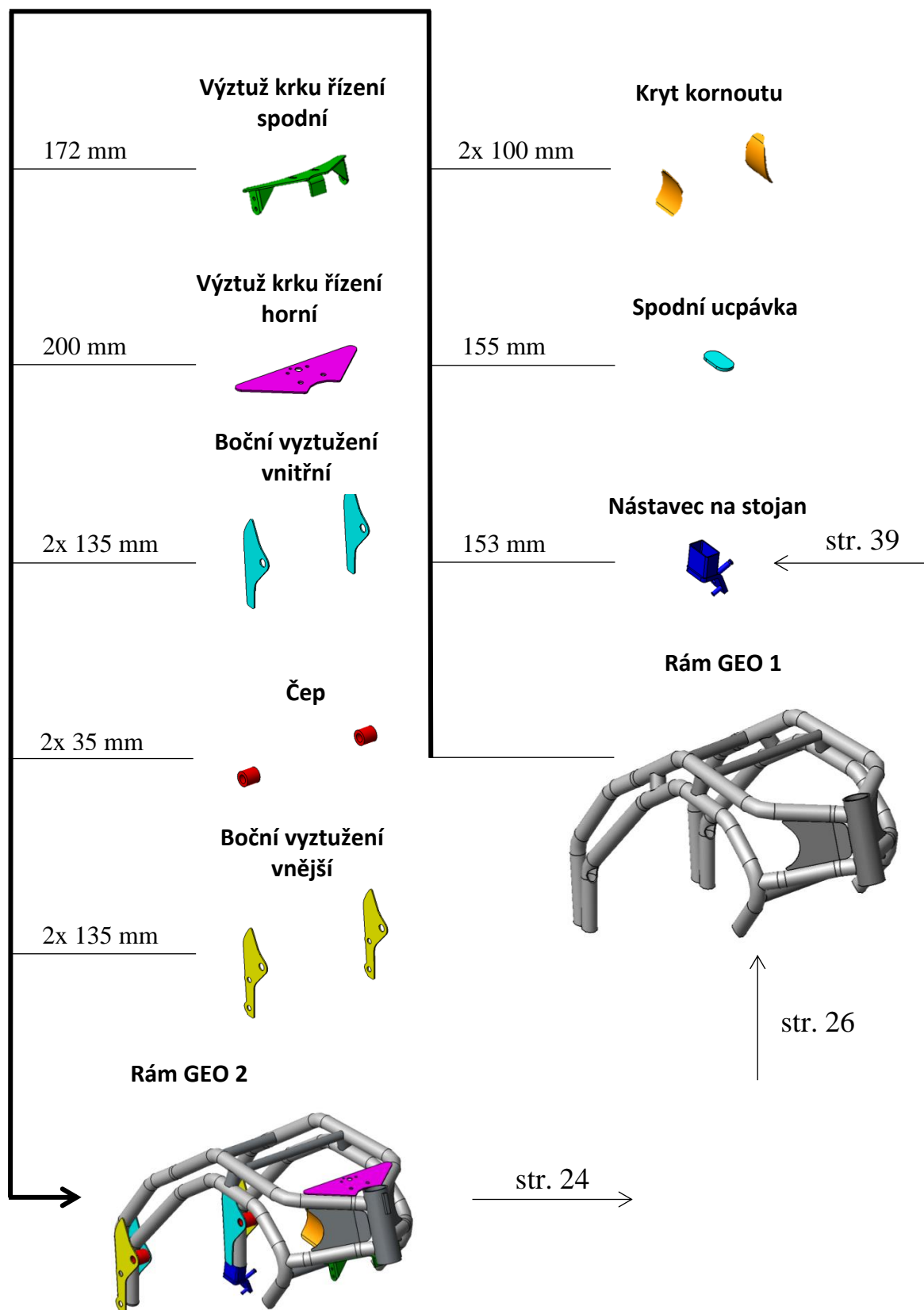
Obr. 3) Stanice 90 – sled zakládání – Rám GEO 4

5.2 Stanice 80



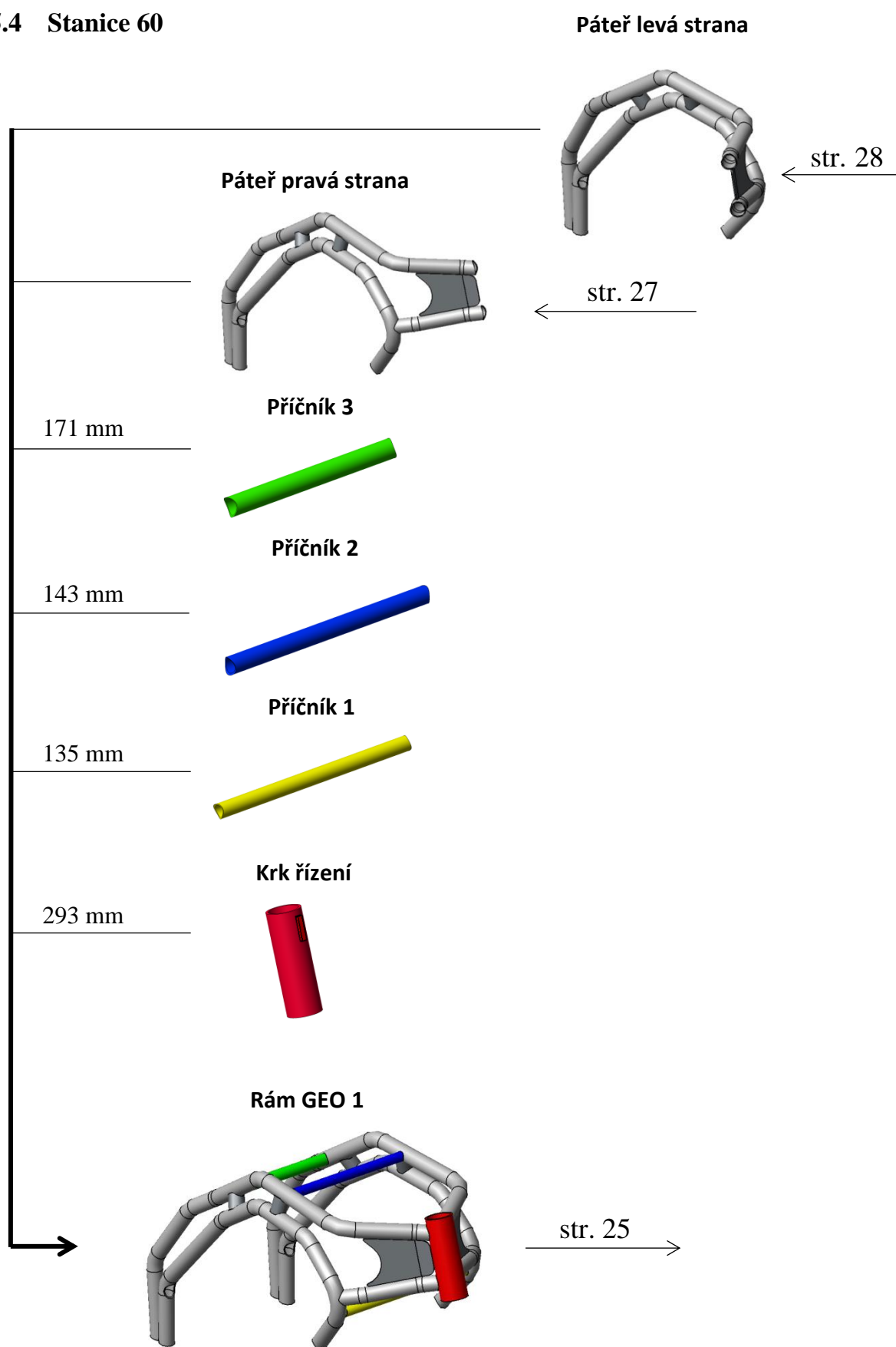
Obr. 4) Stanice 80 – sled zakládání – Rám GEO 3

5.3 Stanice 70



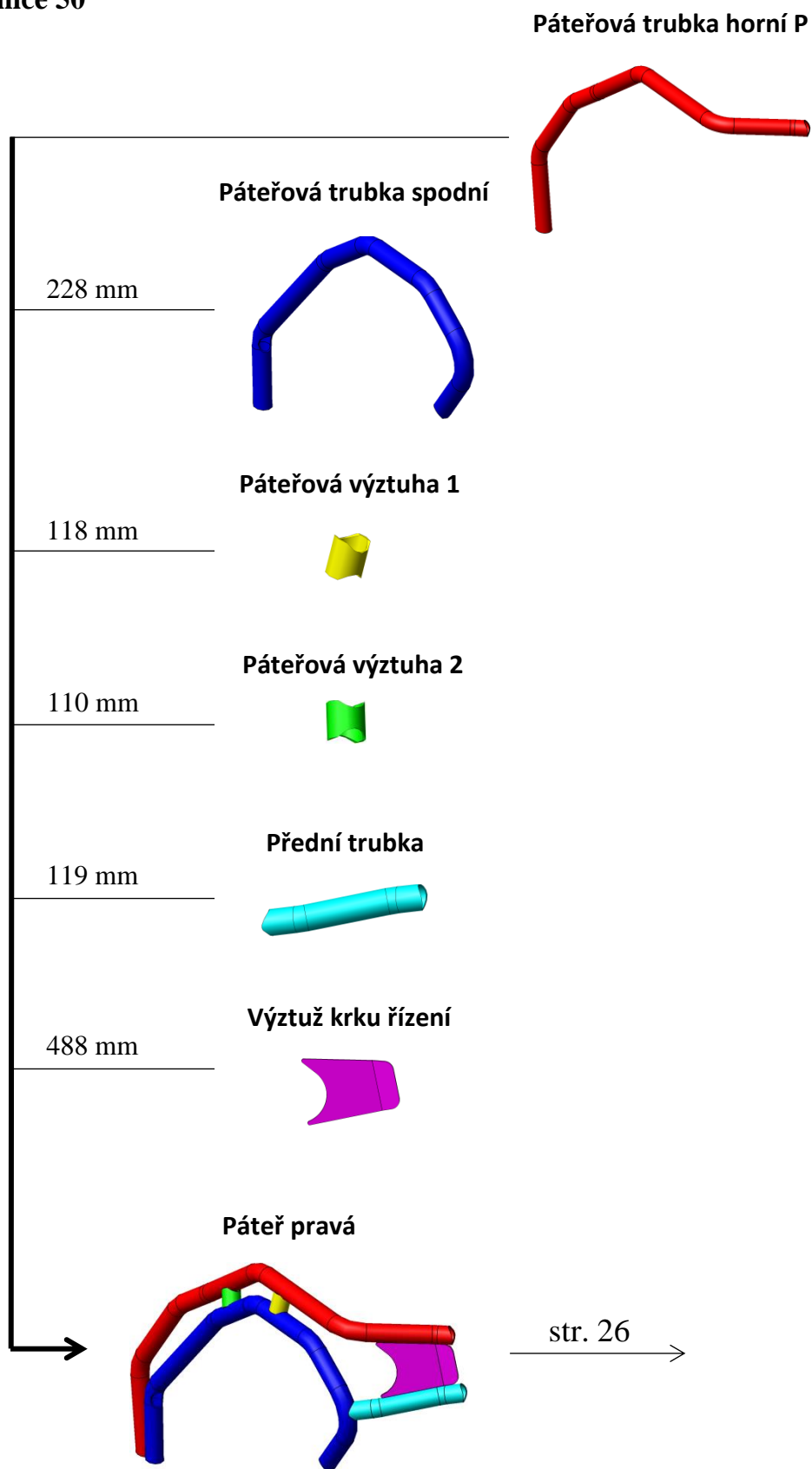
Obr. 5) Stanice 70 – sled zakládání – Rám GEO 2

5.4 Stanice 60

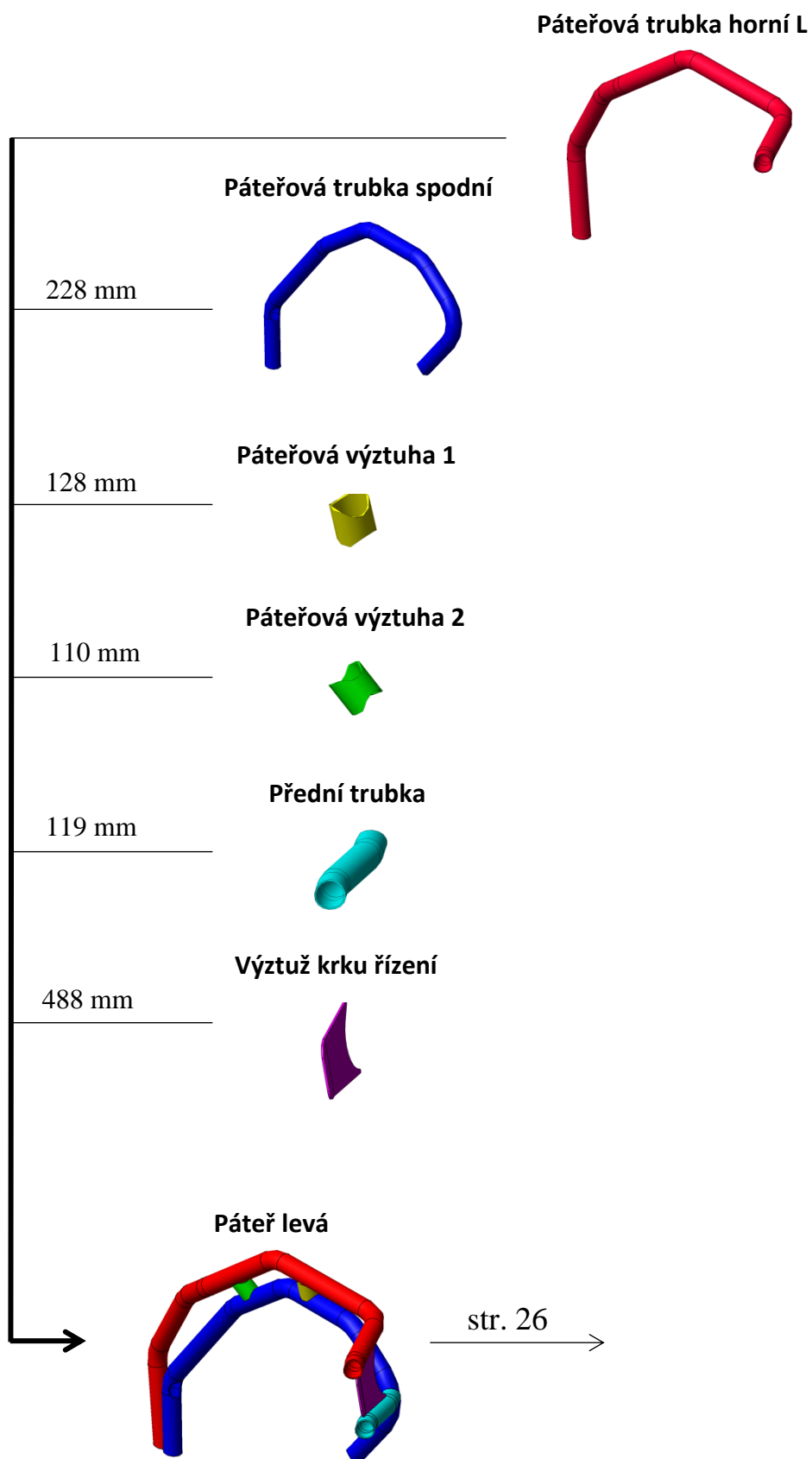


Obr. 6) Stanice 60 – sled zakládání – Rám GEO 1

5.5 Stanice 50

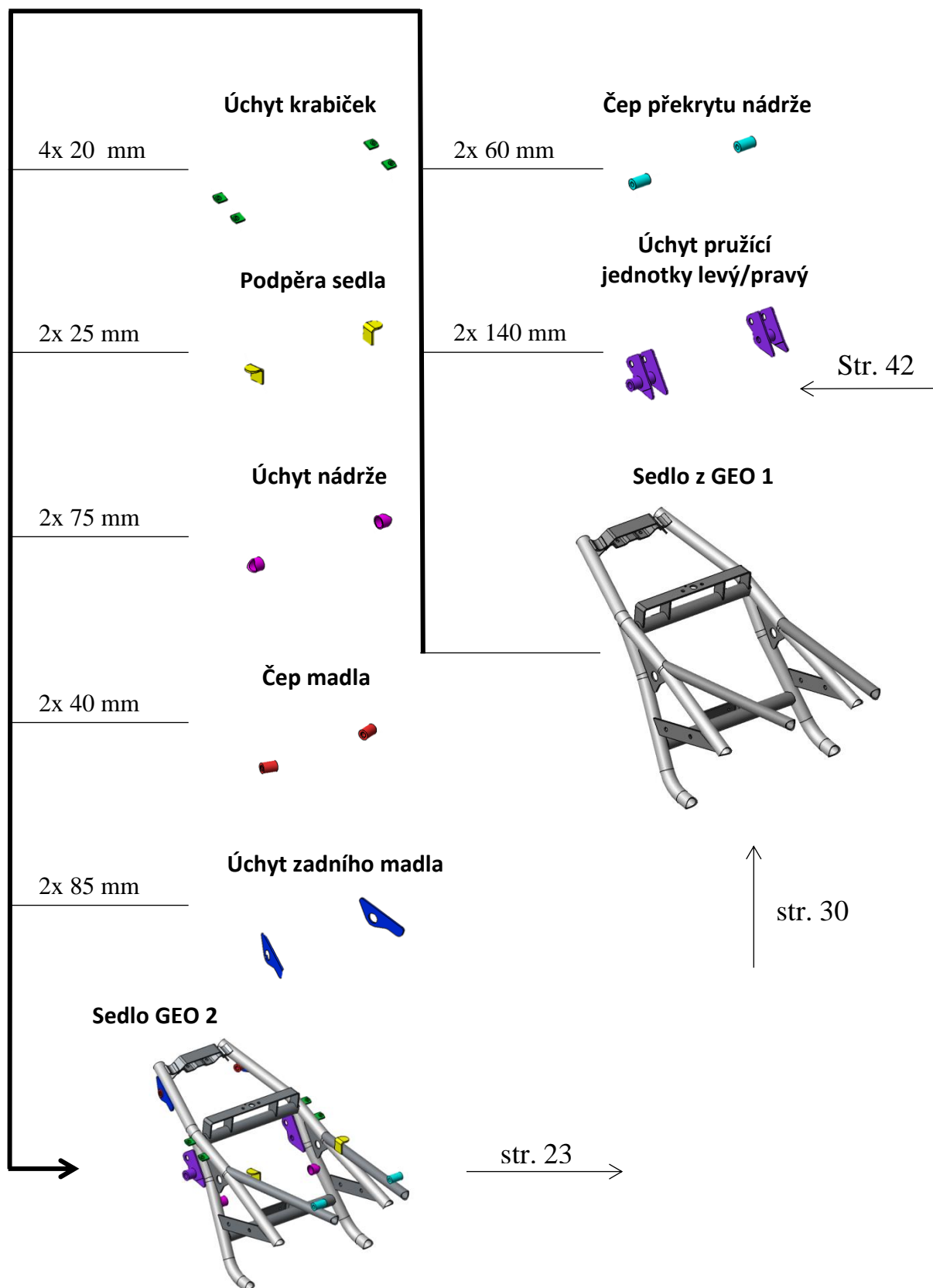


Obr. 7) Stanice 50 – sled zakládání – Páteř pravá strana



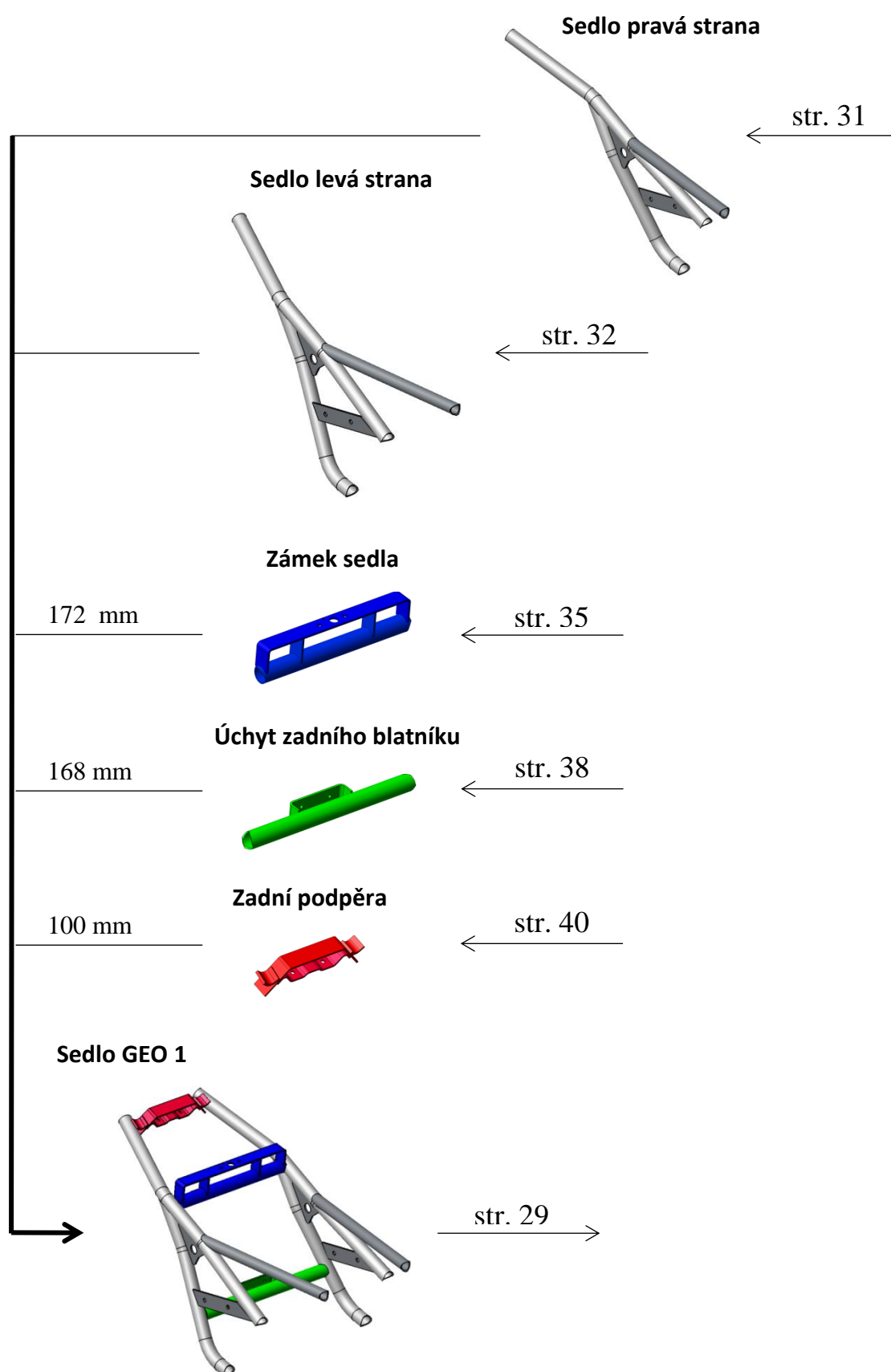
Obr. 8) Stanice 50 – sled zakládání – Páteř levá strana

5.6 Stanice 40



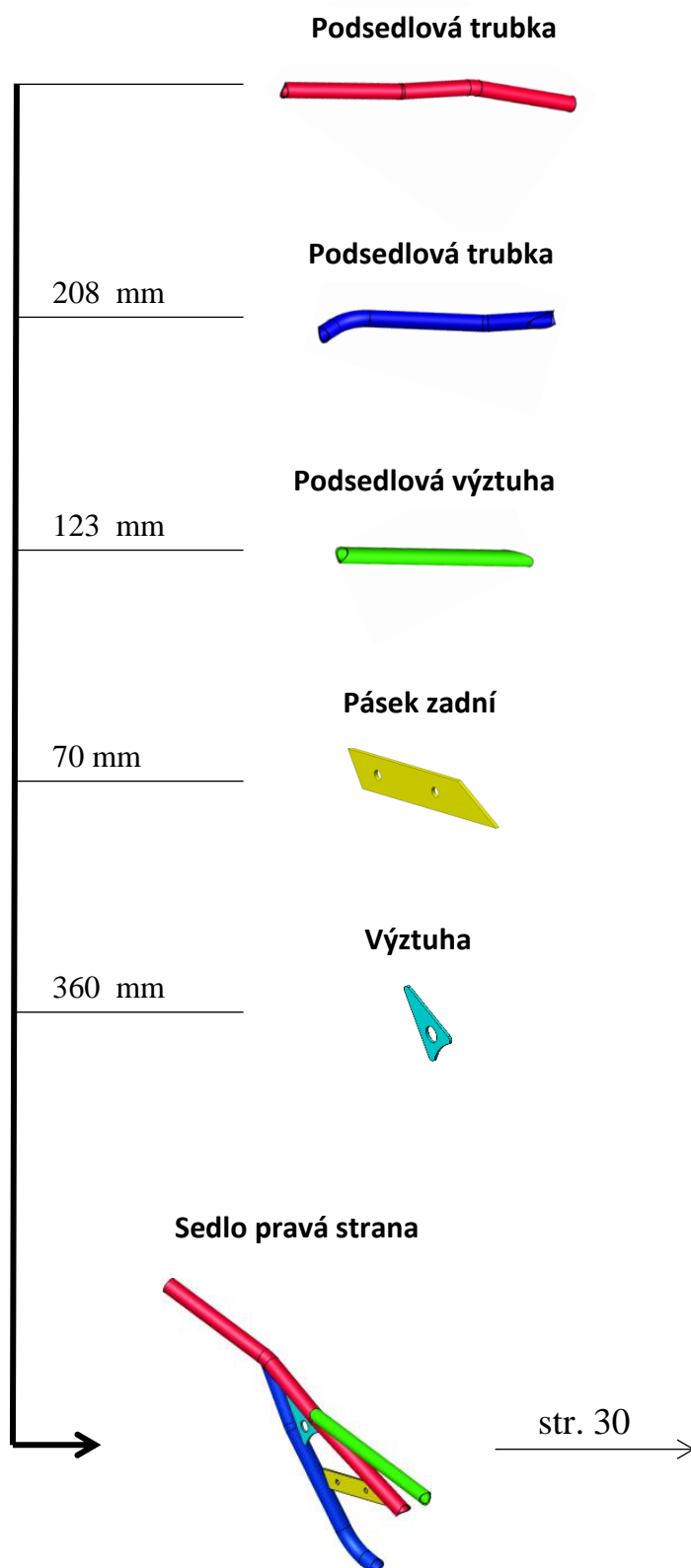
Obr. 9) Stanice 40 – sled zakládání – Sedlo GEO 2

5.7 Stanice 30

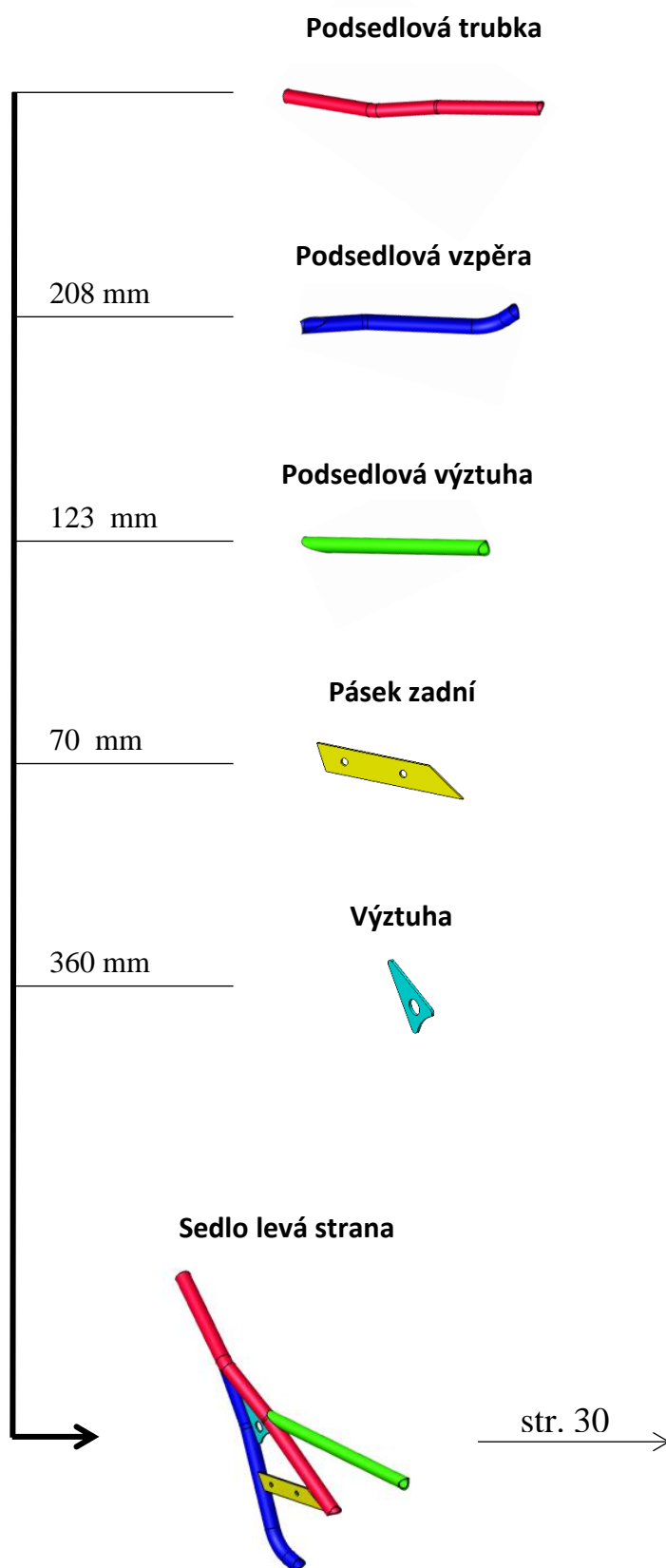


Obr. 10) Stanice 30 – sled zakládání – Sedlo GEO 1

5.8 Stanice 20

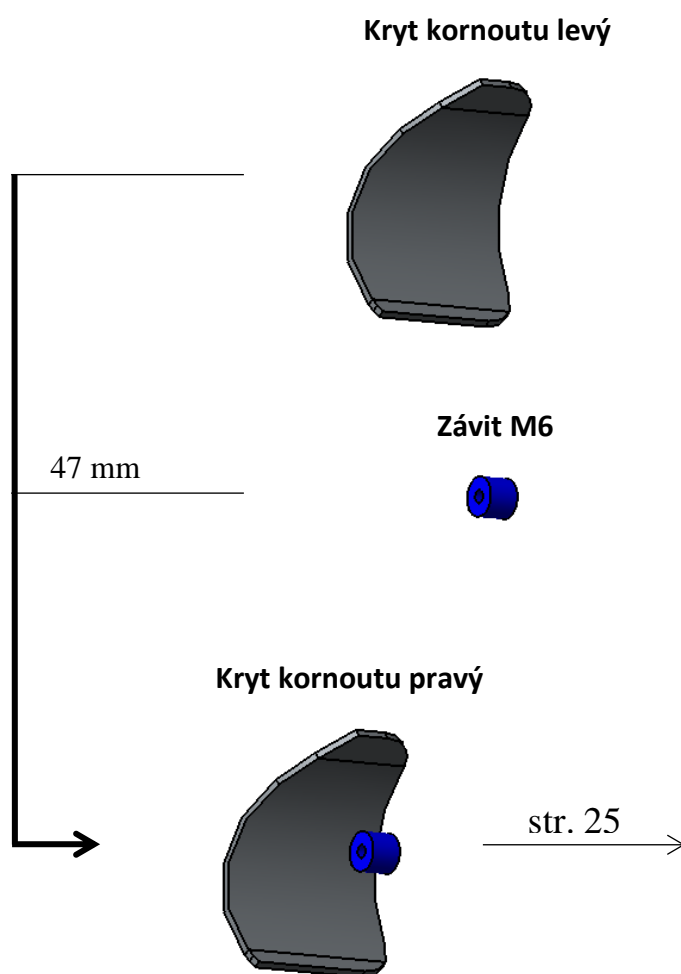


Obr. 11) Stanice 20 – sled zakládání – Sedlo pravá strana

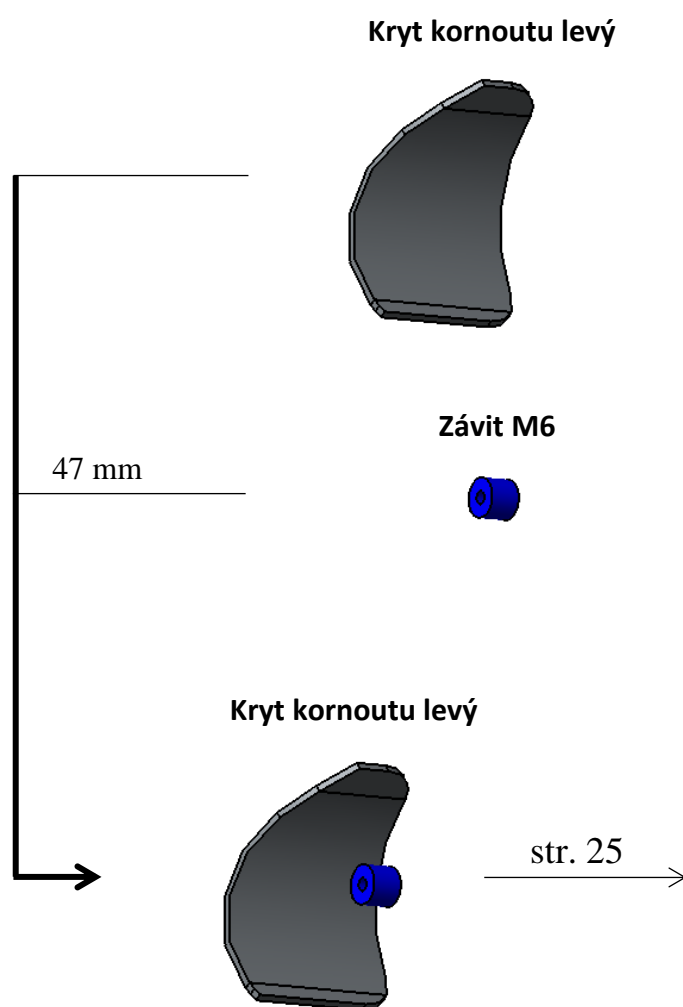


Obr. 12) Stanice 20 – sled zakládání – Sedlo levá strana

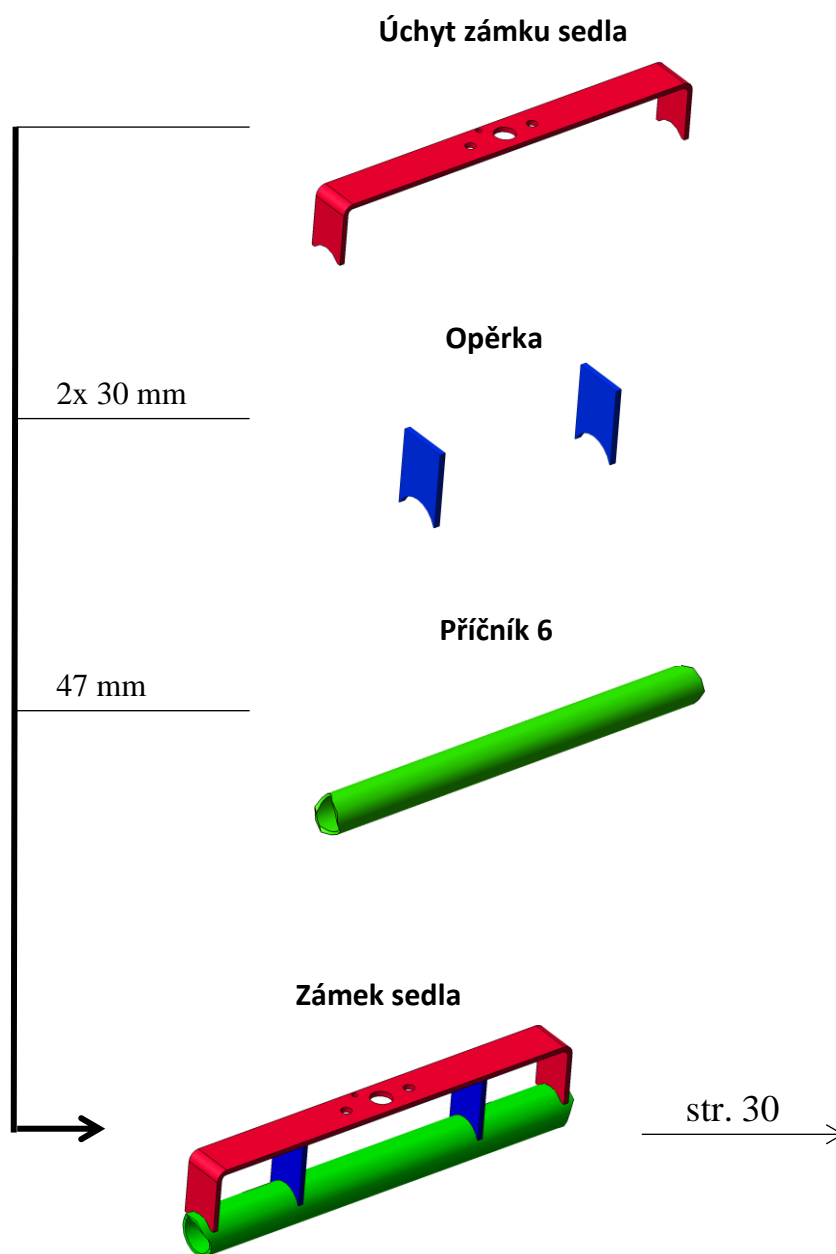
5.9 Stanice 10



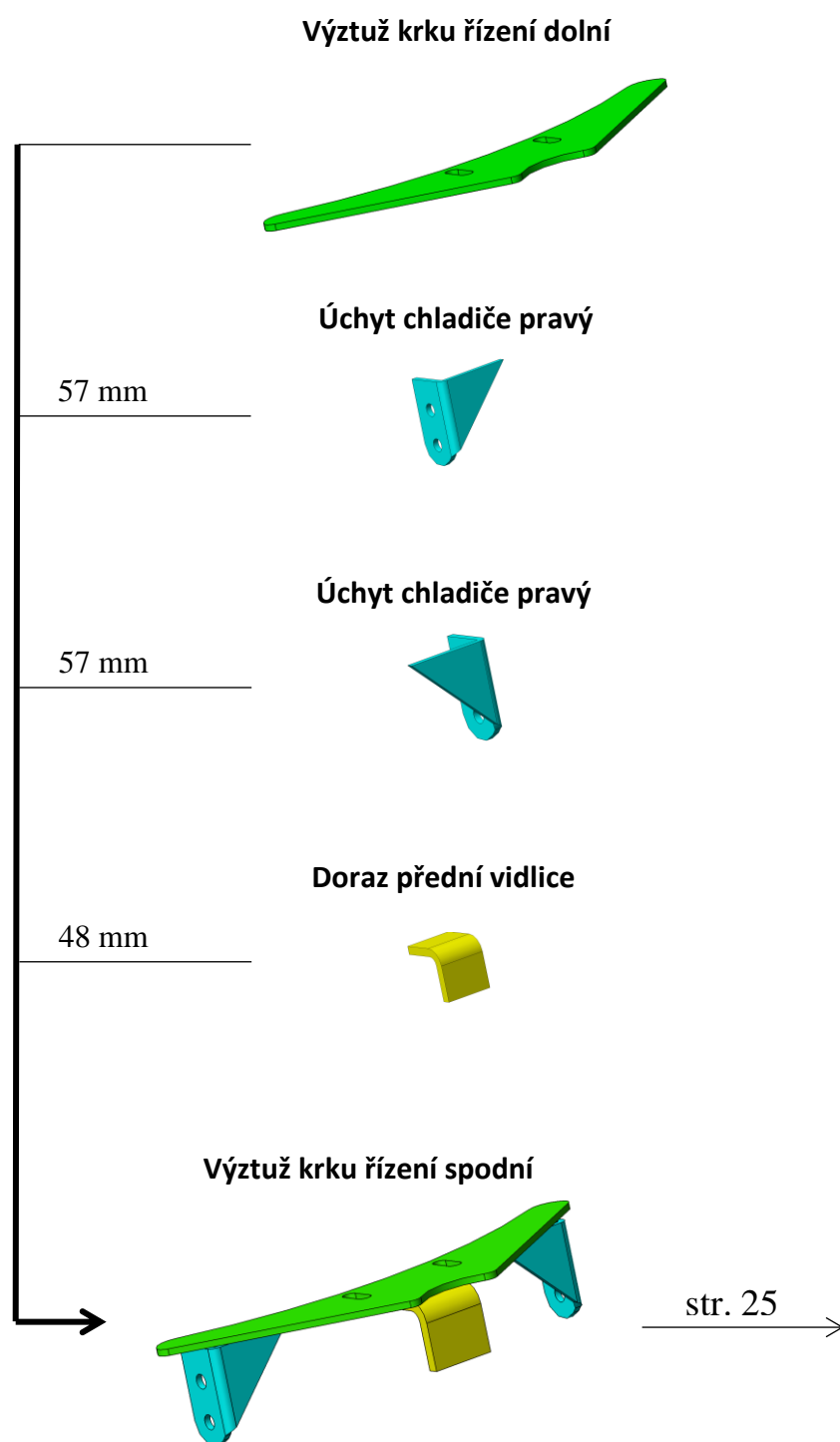
Obr. 13) Stanice 10 – sled zakládání – Kryt kornoutu pravý



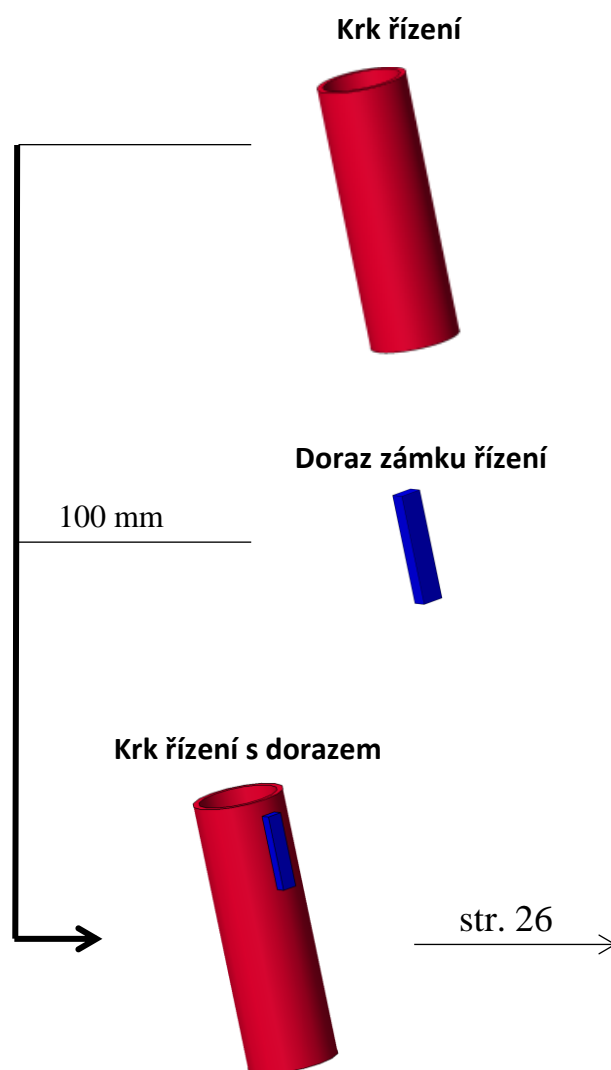
Obr. 14) Stanice 10 – sled zakládání – Kryt kornoutu levý



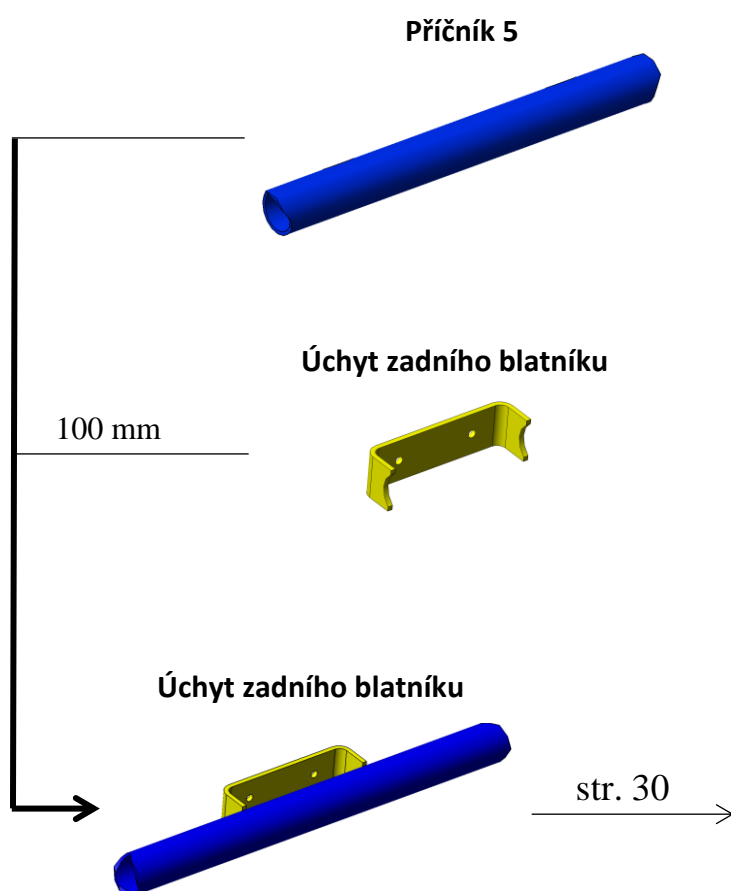
Obr. 15) Stanice 10 – sled zakládání – Zámek sedla



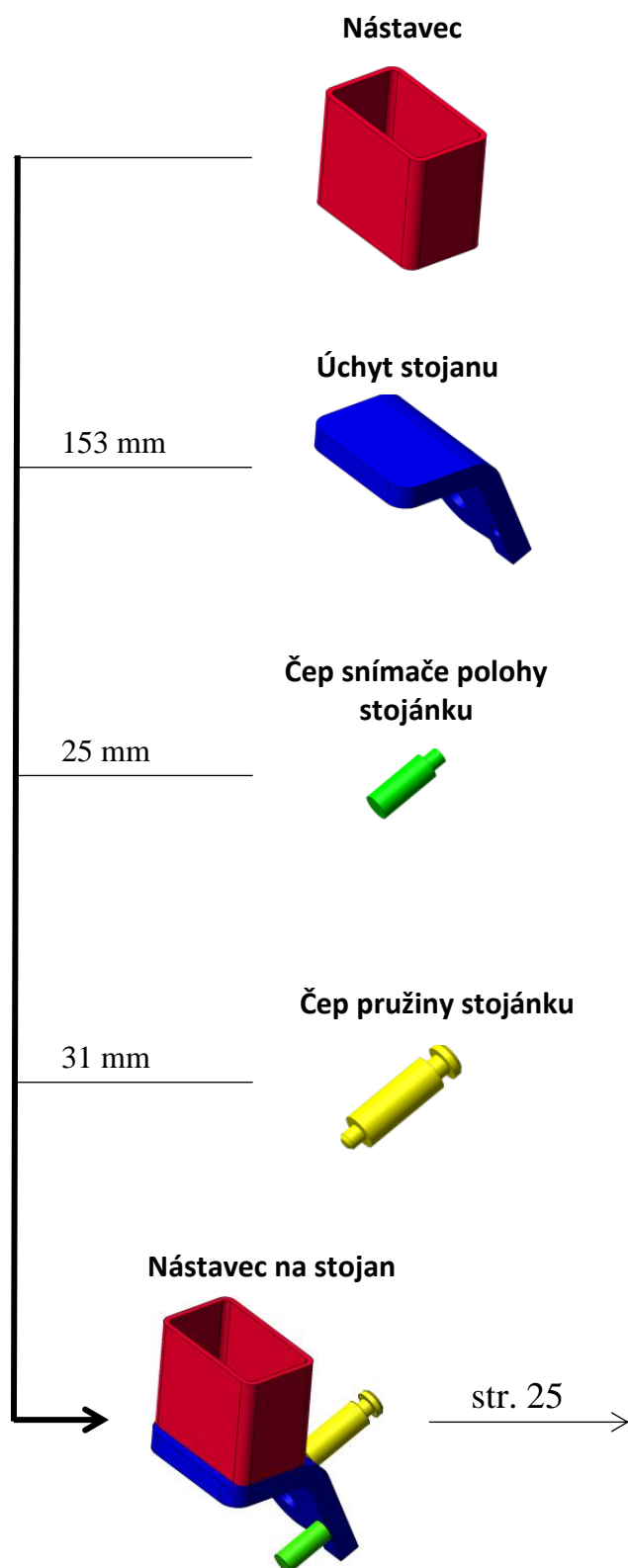
Obr. 16) Stanice 10 – sled zakládání – Výztuž krku řízení spodní



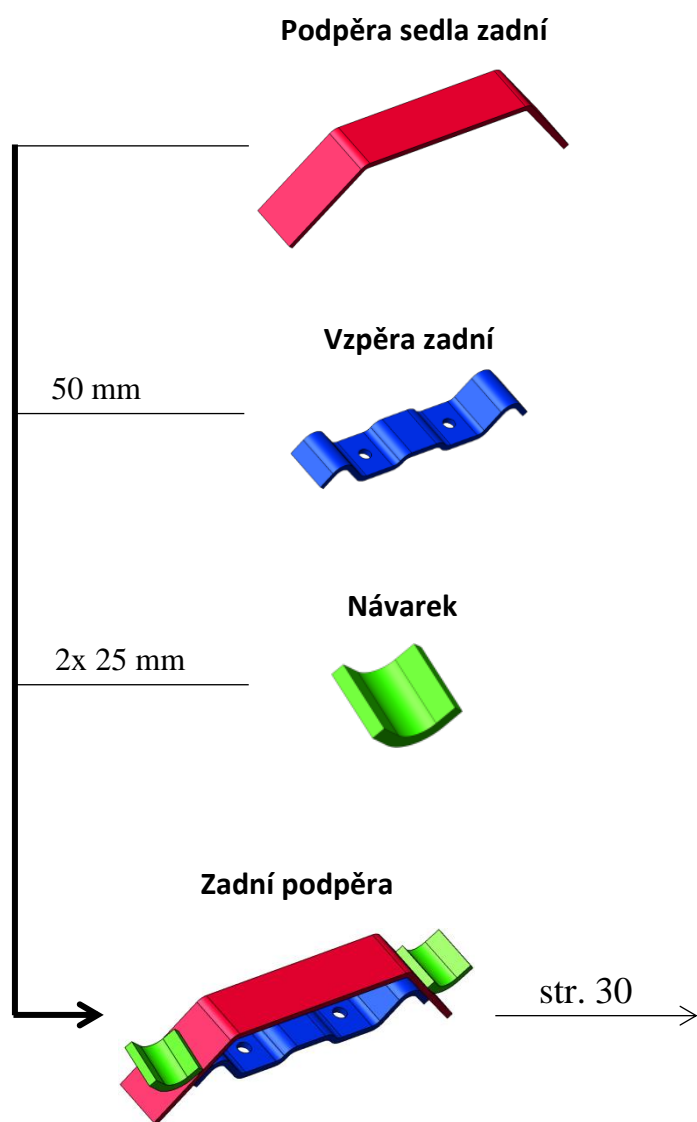
Obr. 17) Stanice 10 – sled zakládání – Krk řízení s dorazem



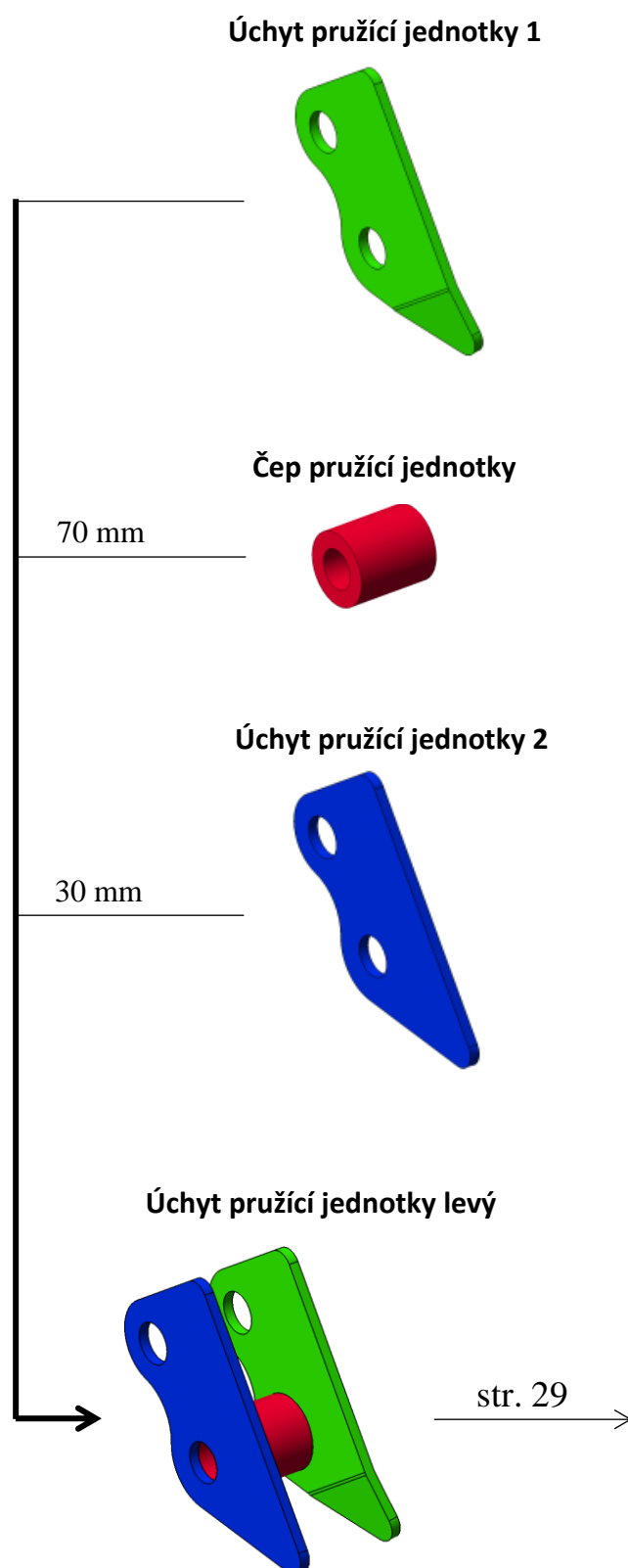
Obr. 18) Stanice 10 – sled zakládání – Úchyt zadního blatníku



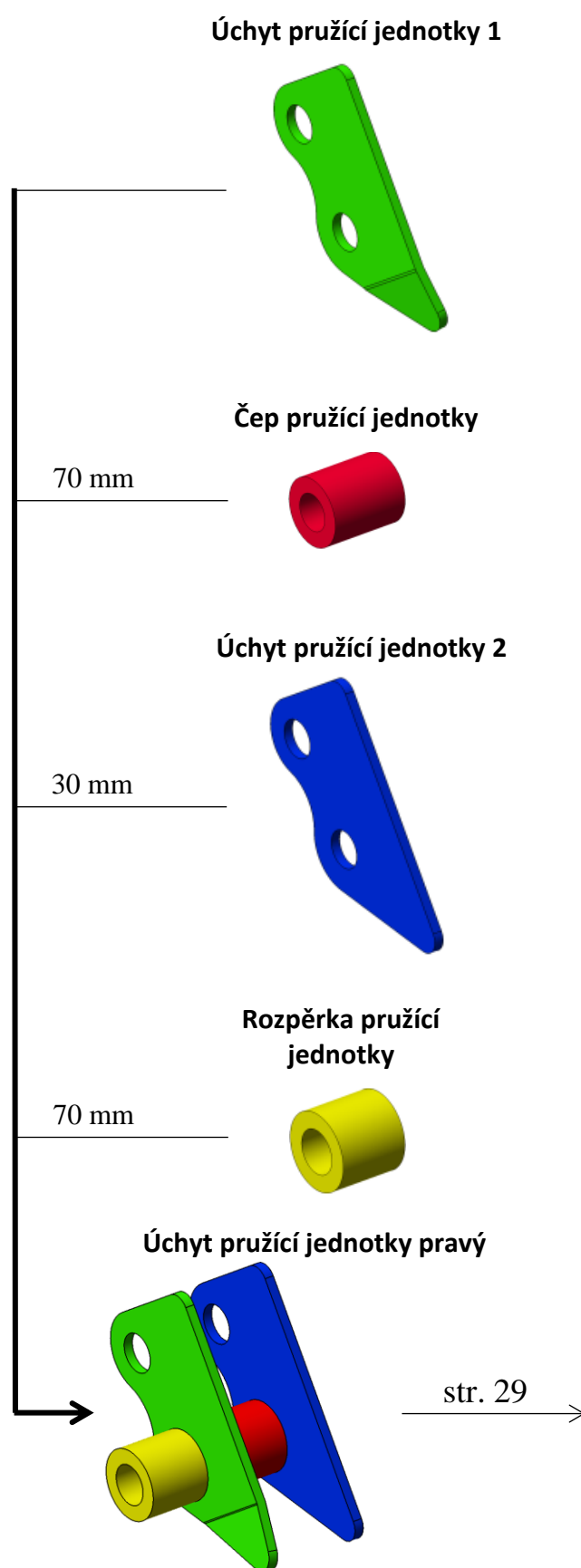
Obr. 19) Stanice 10 – sled zakládání – Nástavec na stojan



Obr. 20) Stanice 10 – sled zakládání – Zadní podpěra



Obr. 21) Stanice 10 – sled zakládání – Úchyt pružící jednotky levý



Obr. 22) Stanice 10 – sled zakládání – Úchyt pružící jednotky pravý

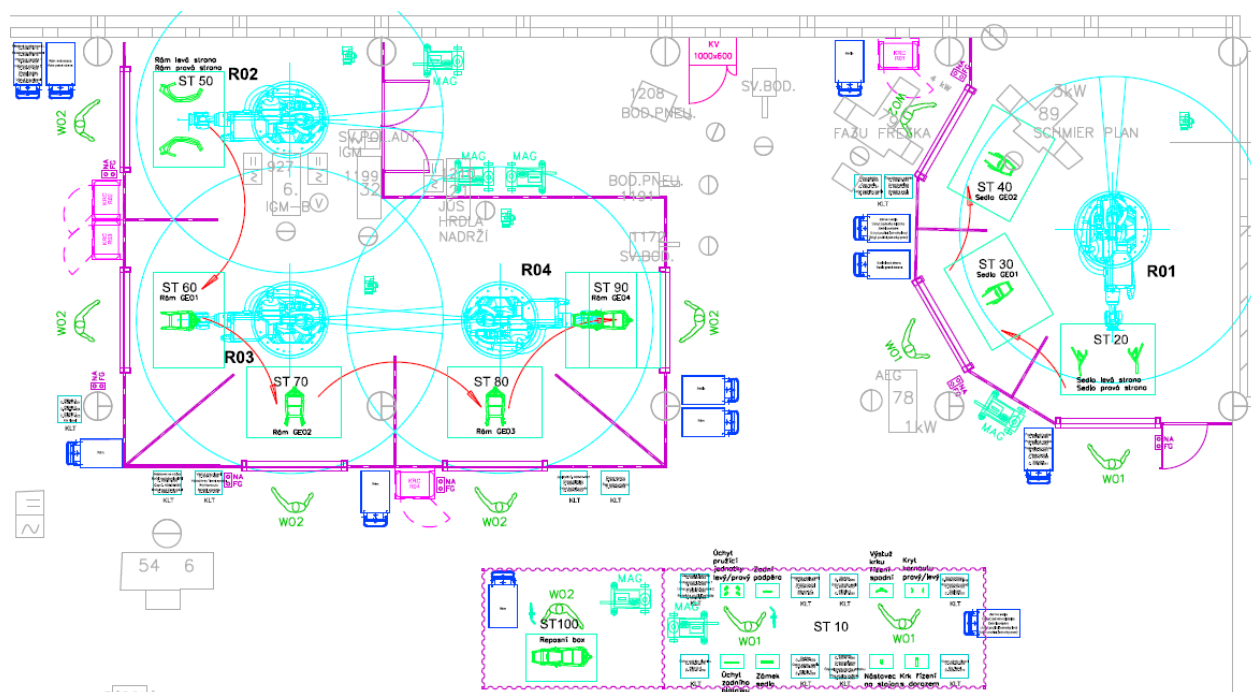
6 NÁVRH SVAŘOVACÍ LINKY

6.1 Layout svařovací linky

Svařovací linka bude rozdělena na manuální část výroby podsestav svařenců a na robotickou část pro svařování hlavních podkompletů a svařenců. Na základě rozboru svařence bylo stanoveno devět svařovacích stanic pro výrobu rámu motocyklu.

Stanice s označením deset je určena pro manuální výrobu podsestav svařenců. K této stanici bude následně přidána další stanice s označením sto, která bude sloužit jako repasní, pro dodatečné svařování již hotového rámu. Stanice sto není uvedena v kapitole 4. Rozbor svařence.

Stanice s označením dvacet až devadesát jsou určeny pro robotickou výrobu. Tyto stanice jsou dále rozděleny do čtyř buněk a každou z nich obsluhuje jeden průmyslový robot. Layout svařovací linky je zobrazen na obrázku 23.

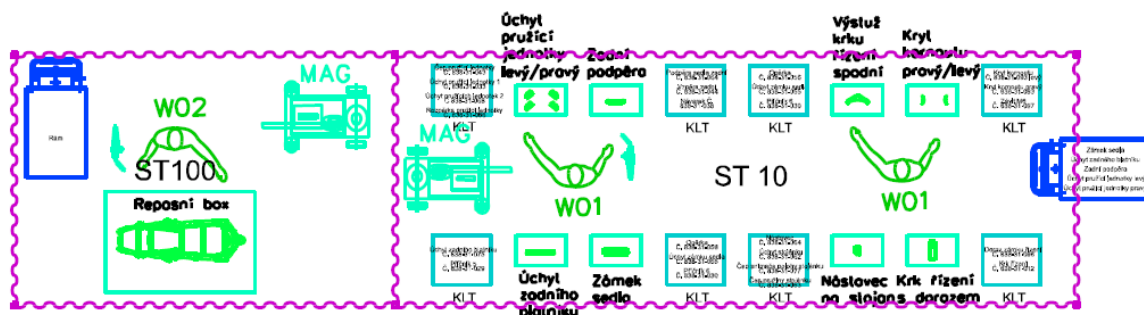


Obr. 23) Layout svařovací linky

6.2 Manuální část linky

Manuální pracoviště, respektive stanice číslo deset, je obsluhována pracovníkem s označením W01. Pracovník zde odebírá předem vychystané jednotlivé základní komponenty svařence z materiálových regálů. Tyto komponenty postupně vkládá do přípravků a svařuje manuálním svařováním. Část již hotových podsestav svařence expeduje za pomoci manuálního vozíku k robotické buňce R01. Zbýlá část hotových podsestav svařence je odebírána pracovníkem W02 k robotickým buňkám R03 a R04.

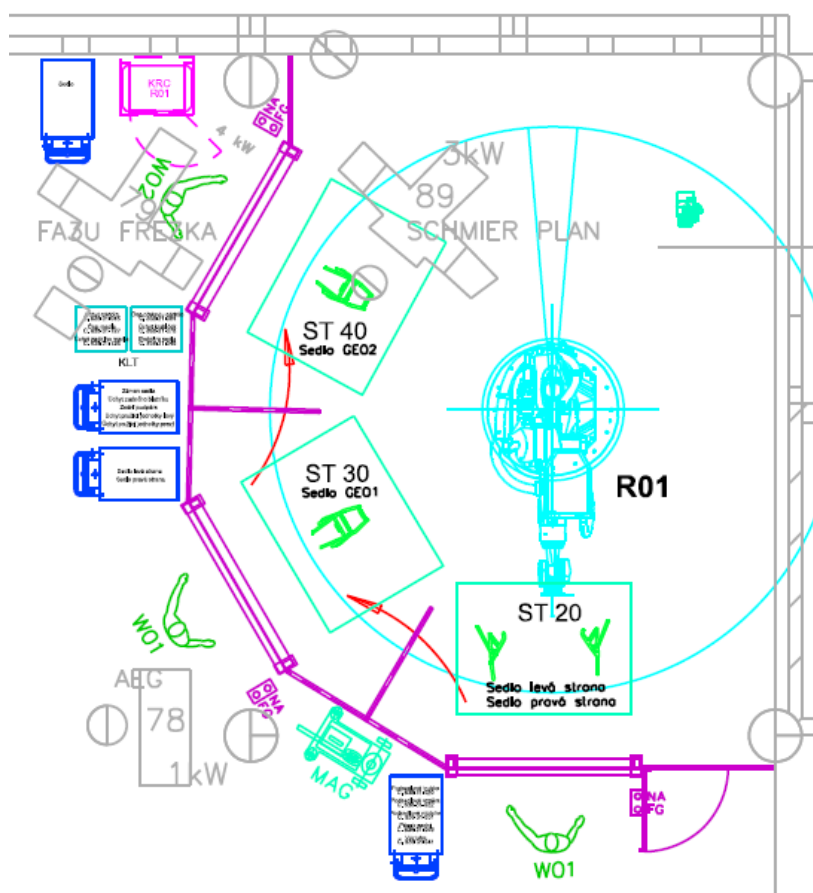
Druhá část manuálního pracoviště, respektive stanice číslo sto, je obsluhována pracovníkem s označením W02. Pracoviště je taktéž vybaveno manuální svařovací technikou a pracovník zde provádí dodatečné svařování hotového rámu z robotické části linky. Layout ručního pracoviště je zobrazen na obrázku 24.



Obr. 24) Layout ručního pracoviště

6.3 Robotizovaná část linky

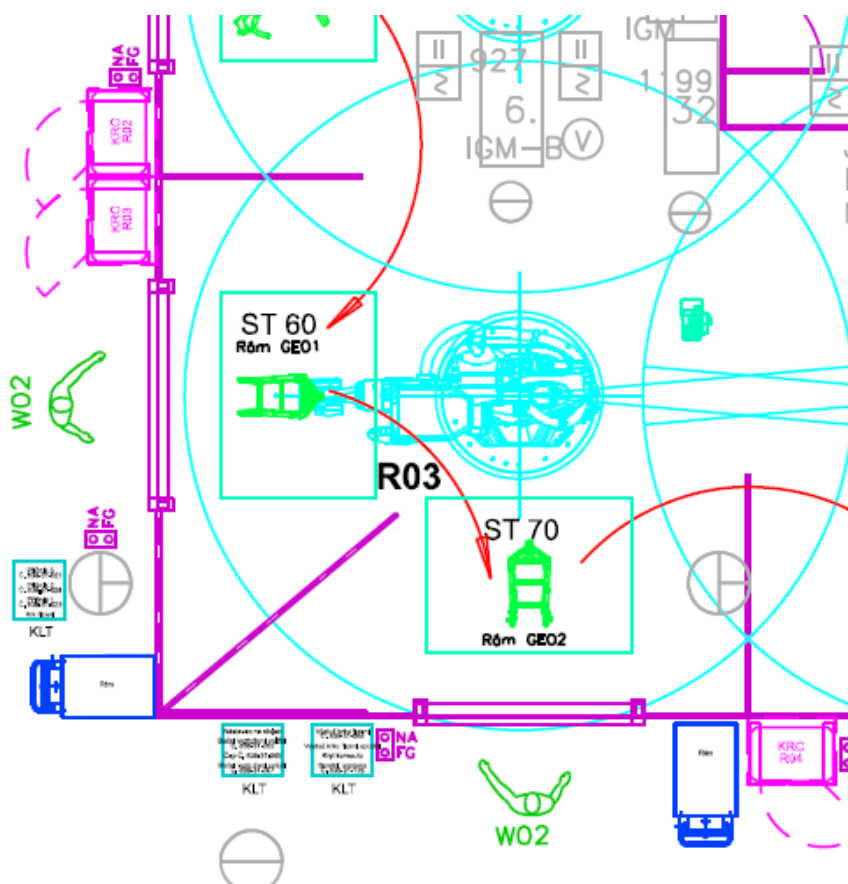
Robotizovaná část linky, respektive buňka R01, je obsluhována pracovníkem s označením W01. Pracovník zde zakládá do svařovacích přípravků jednotlivé komponenty a podsestavy svařence. Komponenty svařence jsou předem vychystány v materiálových regálech a podsestavy jsou uloženy v manuálních vozících. Pracovník vstupuje do buňky jednotlivými bezpečnostními rolovacími vraty k pracovním stanicím s označením dvacet až čtyřicet. Bezpečnost pracovníka v buňce při zakládání je zajištěna světelnými závorami a softwarovým nastavením robotu. Jednotlivé hotové podsestavy svařence jsou umísťovány na manuální vozíky a jsou dále expedovány, jak mezi jednotlivé pracovní stanice v rámci buňky R01, tak i do buňky R04. Layout robotizovaného pracoviště – R01 je zobrazen na obrázku 25.



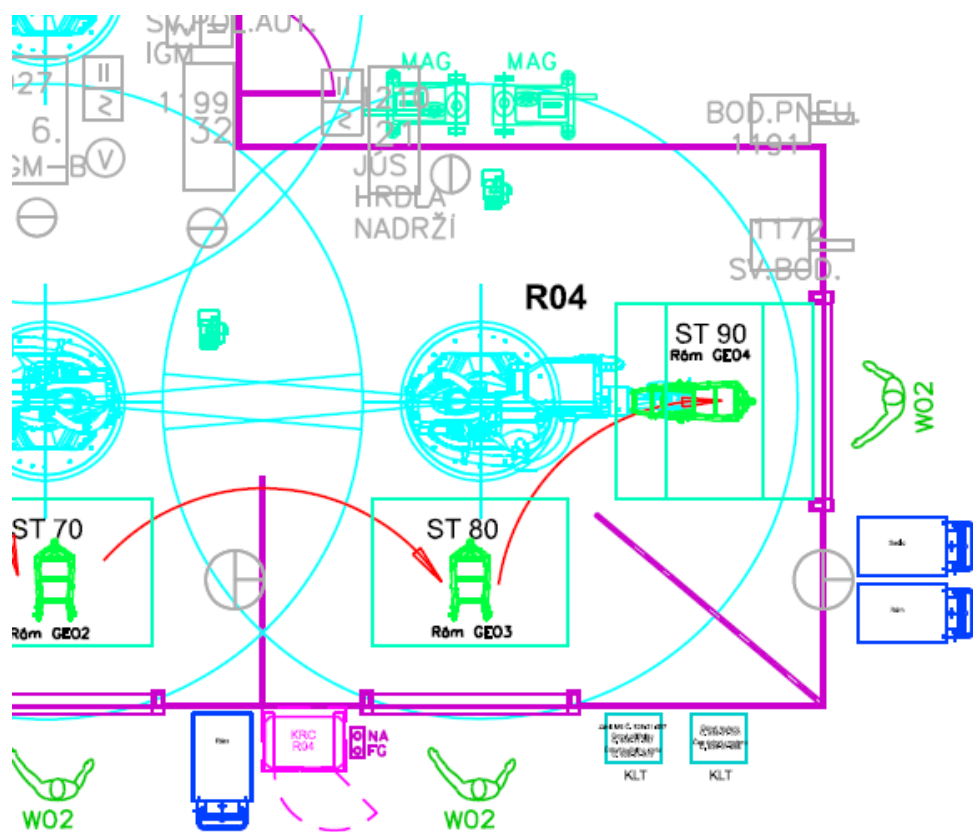
Obr. 25) Layout robotizovaného pracoviště – R01

Pracovní buňka R03 je obsluhována pracovníkem s označením W02. Buňka je zde tvořena dvěma pracovními stanicemi s označením šedesát a sedmdesát. Potřebné komponenty svařence jsou uloženy v materiálových regálech a podsestavy v manuálních vozících, které byly přivezeny z manuálního pracoviště pracovníkem W02. Hotové podsestavy svařence jsou umísťovány na manuální vozíky a jsou dále expedovány jak mezi jednotlivé pracovní stanice v rámci buňky R03, tak i do buňky R04. Layout robotizovaného pracoviště – R03 je zobrazen na obrázku 27.

45



Obr. 27) Layout robotizovaného pracoviště – R03



Obr. 28) Layout robotizovaného pracoviště – R04

Tab 1) Prováděné činnosti pracovníky W01 a W02 na svařovací lince

Pracovní činnosti				
stanice	založení dílů	obloukové svařování	vyjmutí hotového dílu	transport dílů
ST 10	W01	W01	W01	W01
ST 20	W01		W01	W01
ST 30	W01		W01	W01
ST 40	W01		W02	W02
ST 50	W02		W02	W02
ST 60	W02		W02	W02
ST 70	W02		W02	W02
ST 80	W02		W02	W02
ST 90	W02		W02	W02
ST 100	W02	W02	W02	W02

6.4 Svařovací technika

Rám motocyklu je tvořen materiálem ze slitiny hliníku. Na základě tohoto materiálu byla zvolena metoda obloukového svařování CMT. Svařovací metoda CMT produkuje méně tepelné energie oproti metodě MIG/MAG, čím se snižuje následná tepelná deformace svařence. Svařovací zdroj byl vybrán TransPuls Synergic 5000 CMT od firmy FRONIUS. Daný typ zdroje byl navržen z hlediska širokého rozsahu svařovacího proudu. Technické parametry svařovacího zdroje jsou uvedeny v tabulce 2.

Tab 2) Technické údaje svařovacího zdroje [2]

Svařovací zdroj – TransPuls Synergic 5000 CMT	
síťové napětí	3 x 400 V
frekvence sítě	50 / 60 Hz
síťové jištění	35 A
trvalý primární proud	18 – 29,5 A
trvalý primární výkon	13,1 kVA
rozsah svařovacího proudu	3 – 500 A
pracovní napětí	14,2 – 39 V
napětí naprázdno	70 V
rozměry	625/290/475 mm (D/Š/V)
hmotnost	35,6 kg

Pro zvolenou svařovací metodu byl vybrán svařovací hořák Robacta Drive CMT s integrovaným vysoce dynamickým motorem pro pohon svařovacího drátu od firmy FRONIUS. Hmotnost hořáku je 2,4 kg, další technické parametry svařovacího hořáku jsou uvedeny v tabulce 3.

Tab 3) Technické údaje svařovacího hořáku [2]

Svařovací hořák – Robacta Drive CMT	
svařovací proud	360 A
průměr drátu	0,8 – 1,6 mm
rychlost drátu	0,5 – 22 m/min
hmotnost	2,4 kg
chlazení	voda

Svařovací metoda CMT (Cold Metal Transfer) vychází z metody MIG/MAG. CMT dovoluje spojovat nestejnorodé slitiny hliníku a dokonce i ocel s hliníkem. Tato metoda umožňuje řízený a téměř bezproudový přenos materiálu. Hliníkový základní materiál se taví společně s hliníkovým přídatným materiálem. Jakmile identifikuje svařovací zdroj zkrat mezi svařovacím drátem a svařovaným materiálem, tak se aktivuje zpětný pohyb drátu se souběžným poklesem svařovacího proudu. Svařovací drát se vysouvá a zasouvá vysokou frekvencí. Takto definovaný zpětný pohyb drátu má za následek kontrolované uvolnění kapky, což zajišťuje čistý a bezrozstříkový přechod materiálu. Svařování CMT se provádí výhradně za použití plně digitalizovaných invertorových svařovacích zdrojů [2].

Při obloukovém svařování se část rozstříkovaného materiálu uchytí i na vnitřní straně plynové hubice svařovacího hořáku. Plynová hubice je elektricky izolována od proudového průvlaku. Elektrické propojení plynové hubice s průvlakem, by způsobilo zkrat, což by mělo za důsledek poškození řídicí jednotky svařovacího zdroje. Proto je nutné plynovou hubici z vnitřní strany pravidelně čistit od rozstříku svařového materiálu. U robotizovaných pracovišť se k čištění hořáků používají automatické čistící stanice.

Čistící stanice hořáku se skládá z čistící jednotky, stříkácí jednotky a jednotky pro zastřihávání svařovacího drátu.

Svařovací hořák je pevně upnut v čelistech, kde fréza vyčistí hubici. Díky pevnému upnutí hořáku v čelistech nedochází během čištění k žádnému přenosu sil na svařovacího robota. Poté, co je hubice vyčištěna, dojde ke vstříknutí nepřilnavé směsi. Nepřilnavá směs částečně chrání hubici před opětovným ulpíváním svařového materiálu. Jednotka pro zastřihávání svařovacího drátu nejprve vyhodnotí stav svařovacího drátu a na základě toho provede odstřižení a kalibraci konce drátu. Takto vyčištěný svařovací hořák je připraven k opětovnému přesnému svařování.

6.5 Robot

Průmyslový robot je hlavním automatizovaným prvkem v celé svařovací lince. Při výběru robotu je nutné uvažovat s mnoha faktory. Důležitým aspektem jsou rozměry pracoviště, na základě čehož se stanoví jeho pracovní dosah. Dalším důležitým parametrem je nosnost robotu, která musí převyšovat hmotnost zvoleného svařovacího hořáku. Dále je to způsob jeho řízení, ale i cena, dostupnost na trhu a servisní podmínky.

Na základě konceptu pracoviště, byla navržena řada robotů s nízkou nosností KR CYBERTECH od společnosti KUKA. Produktová řada KR CYBERTECH ARC je optimalizovaná pro dráhové aplikace, například pro svařování v ochranné atmosféře a nanášení lepidel a těsnících hmot. Jedná se o šestiosé roboty s pracovním dosahem 1 610 až 2 100 mm. Nosnost robotů je 8 až 20 kg. Z důvodu nízké hmotnosti svařovacího hořáku, kterou robot svou nosností značně přesahuje, nebyl použit kontrolní software KUKA LOAD. Roboty jsou řízeny systémem KR C4. Technické parametry řady robotů KR CYBERTECH jsou uvedeny v tabulce 4.

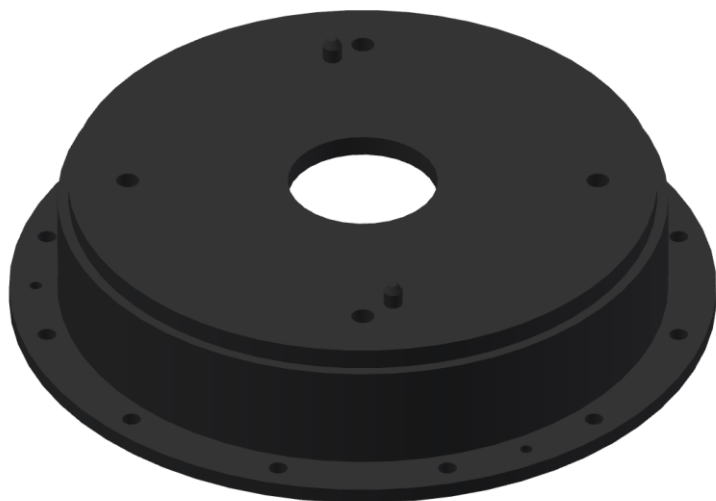


Obr. 29) Robot KUKA KR CYBERTECH ARC [3]

Tab 4) Technické údaje řady robotů KR CYBERTECH [3]

Robot - KR CYBERTECH ARC			
	KR 8 R2100 HW	KR 8 R2010	KR 12 R1810
nosnost [kg]	8	8	12
horizontální dosah [mm]	2 100	2 010	1 810
opakovatelná přesnost [mm]	0,04		
rozsahy os A1-A6 [°]	A1: ±185 / A2: -185/+65 / A3: -142/+172 / A4: ±350 / A5: ±130 / A6: ±350		
pracovní teplota [°C]	+5 ÷ +55		
hmotnost [kg]	255	270	264
	KR 16 R1610	KR 16 R2010	KR 20 R1810
nosnost [kg]	16	16	20
horizontální dosah [mm]	1 610	2 010	1 810
opakovatelná přesnost [mm]	0,04		
rozsahy os A1-A6 [°]	A1: ±185 / A2: -185/+65 / A3: -142/+172 / A4: ±350 / A5: ±130 / A6: ±350		
pracovní teplota [°C]	+5 ÷ +55		
hmotnost [kg]	263	270	264

Robot bude usazen na pedestal, čímž dojde k posunutí jeho základní nulové hladiny. Tím docílíme zvýšení dosahu a manévrovatelnosti robotu se svařovacím hořákem vůči svařovanému rámu. Pedestal musí být navržen s dostatečnou tuhostí, aby nesnižoval celkovou tuhost robotu a tím i jeho přesnost polohování. Robotický svařovaný pedestal je válcového tvaru s přesnými otvory pro ukotvení k robotu a podlaze. Na obrázku 30 je zobrazen robotický pedestal.



Obr. 30) Robotický pedestal

7 ČASOVÁ ANALÝZA

Na základě rozboru svařence a návrhu pracoviště byla provedena kompletní časová analýza linky. Nejprve byl stanoven sled jednotlivých pracovních a obslužných úkonů pracovníků W01, W02 a robotů na všech pracovních stanicích. Poté byl jednotlivým úkonům přiřazen časový interval a na základě těchto hodnot stanoveno časové vytížení pracovníků a robotů během taktu linky.

7.1 Pracovník W01

Časové vytížení pracovníka W01 činí 1064,3 s, tj. 97 % taktu linky. Pracovní náplní daného pracovníka je 8x ruční výroba podsestav, doprava podsestav a 3x zakládání do pracovních stanic robotické buňky R01. Manuální svařovací rychlost byla stanovena na 10mm/3s. V tabulce 5 jsou uvedeny jednotlivé pracovní a obslužné úkony, které jsou potřebné provést ke zhotovení podsestav „Zadní podpěra“. Kompletní časová analýza pracovních úkonů ke zhotovení zbývajících podsestav svařovaných na ručním pracovišti je uvedena v příloze. Časová analýza je vytvořena pomocí Ganttových diagramů. Na základě uvedeného pracovního postupu bylo stanoveno pracovní vytížení.

Tab 5) Časová analýza – zadní podpěra

Zadní podpěra						
pracovní jednotka	stanice	pracovní úkon	název dílce	čas [s]		
				start	prac.	sum.
W01	10	založit malý díl	Podpěra sedla zadní, Vzpěra zadní	0,0	8,0	8,0
W01	10	manuálně otevřít/zavřít upínku		8,0	2,0	10,0
W01	10	uchopit a odložit ruční nástroj		10,0	7,0	17,0
W01	10	MIG/MAG svařování	Vzpěra zadní	17,0	7,5	24,5
W01	10	přemístit kleště		24,5	3,0	27,5
W01	10	MIG/MAG svařování	Vzpěra zadní	27,5	7,5	35,0
W01	10	manuálně otevřít/zavřít upínku		35,0	2,0	37,0
W01	10	přesunout díl		37,0	2,0	39,0
W01	10	založit malý díl	Návarek	39,0	8,0	47,0
W01	10	manuálně otevřít/zavřít upínku		47,0	4,0	51,0
W01	10	uchopit a odložit ruční nástroj		51,0	7,0	58,0
W01	10	MIG/MAG svařování	Návarek	58,0	7,5	65,5
W01	10	přemístit kleště		65,5	3,0	68,5
W01	10	MIG/MAG svařování	Návarek	68,5	7,5	76,0
W01	10	manuálně otevřít/zavřít upínku		76,0	4,0	80,0
W01	10	odložit malý díl		80,0	3,0	83,0

7.2 Pracovník W02

Časové vytížení pracovníka W02 činí 682 s, tj. 62,2 % taktu linky. Pracovní náplní daného pracovníka je doprava podsestav a 5x zakládání do pracovních stanic robotické buňky R02/R03/R04. Pracovní stanice sto (repasní box) není započtena do vytížení pracovníka. Kompletní časová analýza pracovních a obslužných úkonů pracovníka W02 je uvedena v příloze. Časová analýza je tvořena pomocí Ganttových diagramů. Na základě uvedeného pracovního postupu bylo stanoveno pracovní vytížení.

7.3 Robot R01

Časové vytížení robotu R01 činí 988,4 s, tj. 90,1 % taktu linky. Svařovací rychlost robotu byla stanovena na 37 mm/10 s. V tabulce 6 jsou uvedeny jednotlivé pracovní úkony a pohyby robotu R01, které jsou potřebné provést ke zhotovení podsestav „Sedlo levá / pravá strana“. Kompletní časová analýza pracovních úkonů ke zhotovení zbývajících podsestav („Sedlo GEO 1“ a „Sedlo GEO 2“) svařovaných v robotické buňce R01 je uvedena v příloze. Časová analýza je tvořena pomocí Ganttových diagramů. Na základě uvedeného pracovního postupu bylo stanoveno pracovní vytížení.

Tab 6) Časová analýza – Sedlo levá strana / pravá strana

Sedlo levá strana / pravá strana						
pracovní jednotka	stanice	pracovní úkon	název dílce	čas [s]		
				start	prac.	sum.
W01	20	jít (5m)		688,3	5,0	693,3
W01	20	založit střední díl	Podsedlová trubka, Podsedlová vzpěra	693,3	14,0	707,3
W01	20	založit střední díl	Podsedlová trubka, Podsedlová vzpěra	707,3	14,0	721,3
W01	20	založit malý díl	Podsedlová výztuha, Pásek zadní, Výztuha	721,3	12,0	733,3
W01	20	založit malý díl	Podsedlová výztuha, Pásek zadní, Výztuha	733,3	12,0	745,3
W01	20	manuálně otevřít/zavřít upínku		745,3	28,0	773,3
W01	20	jít (2m)		773,3	2,0	775,3
W01	20	procesní čas	zavřít vrata	775,3	5,0	780,3
			levá strana			
IR1	20	otočení o 180 stupňů		0,0	3,0	3,0
IR1	20	změna pozice nástroje robota (krátké jednoduché pohyby)		3,0	0,6	3,6
IR1	20	MAG svařování	Podsedlová vzpěra	3,6	38,0	41,6
IR1	20	MAG svařování	Výztuha – vnější strana	41,6	52,3	93,9
IR1	20	změna pozice nástroje robota (dlouhé jednoduché pohyby)		93,9	1,5	95,4

IR1	20	MAG svařování	Výztuha – vnitřní strana	95,4	52,3	147,7
IR1	20	změna pozice nástroje robota (dlouhé jednoduché pohyby)		147,7	1,5	149,2
IR1	20	MAG svařování	Pásek zadní – vnější strana	149,2	19,0	168,2
IR1	20	změna pozice nástroje robota (dlouhé jednoduché pohyby)		168,2	4,5	172,7
IR1	20	MAG svařování	Pásek zadní – vnitřní strana	172,7	19,0	191,7
IR1	20	změna pozice nástroje robota (dlouhé jednoduché pohyby)		191,7	1,5	193,2
IR1	20	MAG svařování	Podsedlová výztuha	193,2	14,3	207,5
IR1	20	otočení o 180 stupňů	2x čištění hořáku	207,5	6,0	213,5
IR1	20	změna pozice nástroje robota (dlouhé jednoduché pohyby)		213,5	3,0	216,5
IR1	20	IR čištění hořáku (čistý čas čištění)		216,5	10,0	226,5
IR1	20	otočení o 180 stupňů		226,5	6,0	232,5
			pravá strana			
IR1	20	otočení o 180 stupňů		232,5	3,0	235,5
IR1	20	změna pozice nástroje robota (krátké jednoduché pohyby)		235,5	0,6	236,1
IR1	20	MAG svařování	Podsedlová vzpěra	236,1	38,0	274,1
IR1	20	MAG svařování	Výztuha – vnější strana	274,1	52,3	326,4
IR1	20	změna pozice nástroje robota (dlouhé jednoduché pohyby)		326,4	1,5	327,9
IR1	20	MAG svařování	Výztuha – vnitřní strana	327,9	52,3	380,2
IR1	20	změna pozice nástroje robota (dlouhé jednoduché pohyby)		380,2	1,5	381,7
IR1	20	MAG svařování	Pásek zadní – vnější strana	381,7	19,0	400,7
IR1	20	změna pozice nástroje robota (dlouhé jednoduché pohyby)		400,7	4,5	405,2
IR1	20	MAG svařování	Pásek zadní – vnitřní strana	405,2	19,0	424,2
IR1	20	změna pozice nástroje robota (dlouhé jednoduché pohyby)		424,2	1,5	425,7
IR1	20	MAG svařování	Podsedlová výztuha	425,7	14,3	440,0
IR1	20	otočení o 180 stupňů	2x čištění hořáku	440,0	6,0	446,0
IR1	20	změna pozice nástroje robota		446,0	3,0	449,0

		(dlouhé jednoduché pohyby)				
IR1	20	IR čištění hořáku (čistý čas čištění)		449,0	10,0	459,0
IR1	20	otočení o 180 stupňů		459,0	6,0	465,0
IR1	20	otočení o 180 stupňů		465,0	3,0	468,0
W01	20	jít (2m)		780,3	2,0	782,3
W01	20	procesní čas	otevřít vrata	782,3	5,0	787,3
W01	20	manuálně otevřít/zavřít upínku		787,3	28,0	815,3
W01	20	odložit malý díl	sedlo levá / pravá strana	821,3	6,0	821,3
W01	20	jít (5m)		826,3	5,0	826,3

7.4 Robot R02

Časové vytížení robotu R02 činí 854,6 s, tj. 77,9 % taktu linky. Svařovací rychlost robotu byla stanovena na 37 mm/10 s. Kompletní časová analýza úkonů ke zhotovení podsestavy „Rám levá / pravá strana“ svařované v robotické buňce R02 je uvedena v příloze. Časová analýza je tvořena pomocí Ganttových diagramů. Na základě uvedeného pracovního postupu bylo stanoveno pracovní vytížení.

7.5 Robot R03

Časové vytížení robotu R03 činí 1017,9 s, tj. 92,8 % taktu linky. Svařovací rychlost robotu byla stanovena na 37 mm/10 s. Kompletní časová analýza úkonů ke zhotovení podsestav „Rám GEO 1“ a „Rám GEO 2“ svařované v robotické buňce R03 je uvedena v příloze. Časová analýza je tvořena pomocí Ganttových diagramů. Na základě uvedeného pracovního postupu bylo stanoveno pracovní vytížení.

7.6 Robot R04

Časové vytížení robotu R04 činí 617,8 s, tj. 56,3 % taktu linky. Svařovací rychlost robotu byla stanovena na 37 mm/10 s. Kompletní časová analýza úkonů ke zhotovení podsestav „Rám GEO 3“ a „Rám GEO 4“ svařované v robotické buňce R04 je uvedena v příloze. Časová analýza je tvořena pomocí Ganttových diagramů. Na základě uvedeného pracovního postupu bylo stanoveno pracovní vytížení.

8 SVAŘOVACÍ PŘÍPRAVEK

Při svařování tvarově složitých dílců a sestav jsou použity svařovací přípravky. Slouží pro přesné ustavení a sestavení jednotlivých základních komponentů svařence před samotným svařováním. Hlavní výhodou svařovacího přípravku je zefektivnění výrobního procesu, což výsledně sníží výrobní náklady. Svařovací přípravky jsou v dnešní době využívány v sériové i kusové výrobě. Uplatňují se jak v robotizovaných, tak i na manuálních pracovištích.

Všechny robotické a manuální svařovací stanice v lince jsou vybaveny svařovacími přípravky. Svařovací linka obsahuje celkem 18 svařovacích přípravků, z toho 8 je určeno pro robotické svařování. Upínací prvky v přípravcích jsou ovládány manuálně pracovní obsluhou stanice.

8.1 Návrh svařovacího přípravku

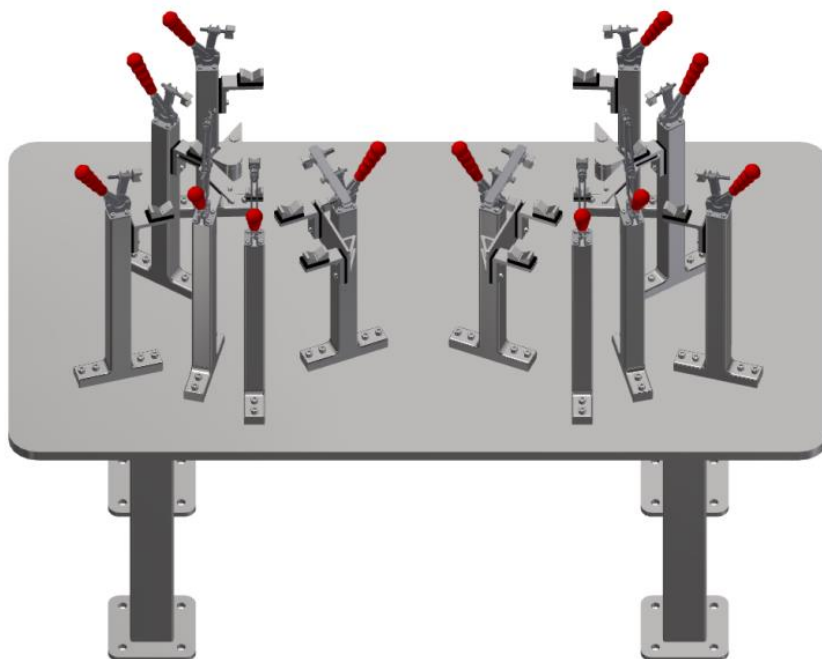
Navržený upínací přípravek bude implementován do pracovní stanice dvacet v robotické buňce R01. Přípravek je navržen pro upnutí levé a pravé strany svařence „Sedla“. Upínací přípravek bude vybaven manuálně ovládanými upínkami pro přesné zapolohování jednotlivých komponentů. Manuálně ovládané upínky jsou zvoleny pro svůj příznivý poměr mezi cenou a upínací silou. Navržené upínací prvky přípravku zaručují dostatečnou upínací sílu, aby nedošlo k samovolnému pohybu jednotlivých dílů při svařování. Uvolněný díl během svařování, by způsobil geometricky nepřesný svařenec a v krajní situaci by mohlo dojít ke kolizi se svařovacím hořákem. Pro upevnění trubkovitých částí svařence jsou použity prismatické čelisti. Upínací prvky musí být umístěny tak, aby byly ergonomicky snadno dosažitelné pro pracovníka a zároveň, aby robotu neznemožňovaly manévrovatelnost při svařování. Upínací proces by měl být fyzicky co nejjednodušší a minimálně časově náročný, protože se jedná o ztrátový čas ve výrobě.

Svařovací přípravek se skládá z několika základních celků. Hlavními komponenty jsou manuální upínky s posuvně nastavitelnými prismatickými čelistmi pro upínání trubkovitých dílů a kruhovými dotyky pro upínání plochých dílů. Pevná část upínacích čelistí je uložena na distančních podložkách. Tyto podložky slouží při montáži k přesnému napolohování upínacích prismatických čelistí, což zaručí přesné upnutí jednotlivých dílů svařence při svařování. Dále v průběhu výroby umožňují operativně upravovat rozměrovost svařence a reagovat tak na potřeby montáže. Zakládací rovina se nachází v ergonomické výšce 1 000 mm od podlahy haly. Upínky jsou pomocí šroubového spoje připevněny k nosným hliníkovým podpěrám. Nosné podpěry svým tvarem a rozmístěním umožňují snadný přístup svařovacímu hořáku ke všem dílům svařence. Na obrázku 31 je zobrazen nosný prvek s manuální upínkou.

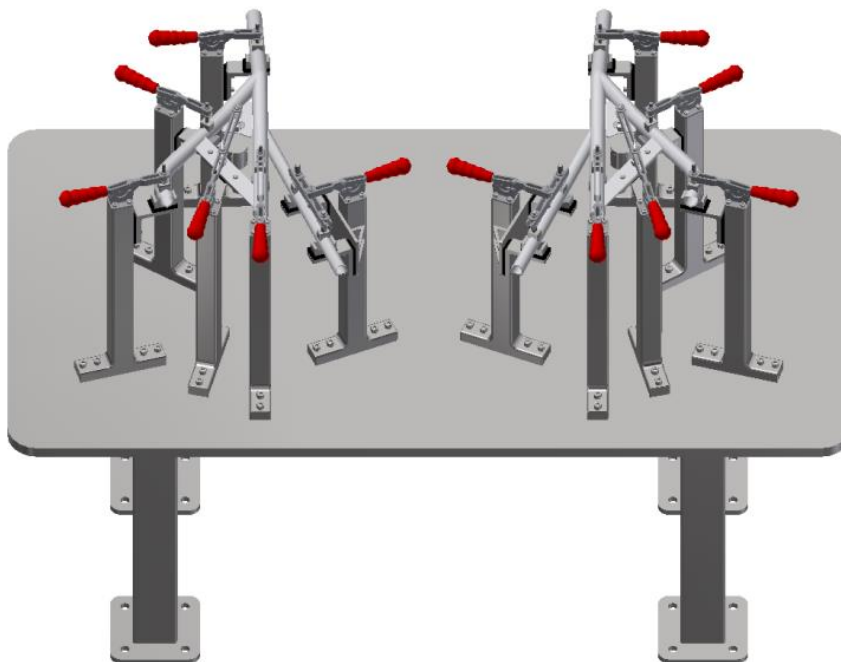


Obr. 31) Nosný prvek s manuální upínkou

Nosné prvky jsou taktéž pomocí šroubového spoje připevněny k desce stolu. Celá hmotnost svařovacího přípravku je rozložena na čtyři nosné nohy stolu. Svařovací stůl je pomocí šroubů kotven přímo do podlahy. Na obrázku 32 a 33 je zobrazen robotický přípravek implementován do svařovací linky.



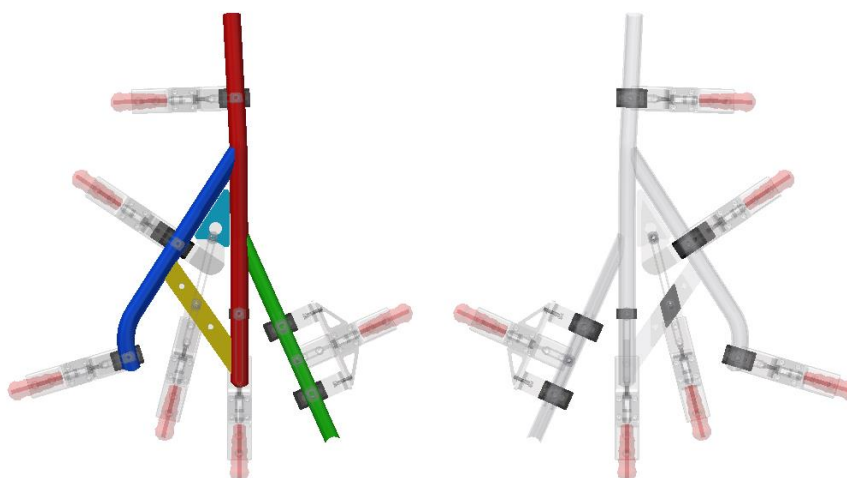
Obr. 32) Svařovací přípravek



Obr. 33) Svařovací přípravek s upnutým svařencem

8.2 Sled zakládání komponentů

Na obrázku 34 je zobrazena část svařovacího přípravku s barevně vyznačenými komponenty svařence „Sedlo levá / pravá strana“. Pro správné a rychlé založení jednotlivých komponentů do přípravku je navržen následující postup. Nejprve se založí komponenty „Výztuha“ (světle modrá) a „Pásek zadní“ (žlutá) na středící čepy. Následuje založení „Podsedlové trubky“ (červená) do koncové polohy. Poté dojde k založení „Podsedlové vzpěry“ (modrá) a „Podsedlové výztuhy“ (zelená). Na konci zakládacího procesu dojde k postupnému manuálnímu uzavírání upínek. Při dodržení tohoto postupu je zajištěno správné napolohování všech komponentů svařence. Uvedený postup popisuje sled zakládání pravé strany „Sedla“, analogicky se bude postupovat i u levé strany „Sedla“.



Obr. 34) Sled zakládání komponentů

9 BEZPEČNOST PRACOVISTĚ

Nasazení automatizovaných a robotizovaných výrobních procesů zvyšuje efektivitu a produktivitu ve výrobě, ale zároveň také zvyšuje nebezpečí zranění obsluhy. Současná legislativa nařizuje, aby byla dodávána pouze bezpečná zařízení, která minimalizují riziko zranění obsluhy. Z tohoto důvodu je žádoucí implementovat jednotlivé bezpečnostní prvky již v samotném počátku plánování automatizovaných pracovišť. V další části práce jsou uvedeny bezpečnostní prvky, které budou implementovány do svařovací linky.

9.1 Přehled rizik

Na základě koncepčního návrhu pracoviště byl vypracován přehled rizik, který je uveden v tabulce 7. Přehled rizik obsahuje hlavní zdroje nebezpečí svařovací linky. Zdroje nebezpečí jsou rozděleny do hlavních skupin a následně jsou detailně identifikovány jednotlivé možné stavy nebezpečí. Podle grafu rizik u jednotlivých nebezpečných stavů je určena tzv. úroveň vlastnosti (PLr – Performance Level), dle normy ČSN EN ISO 13849-1. Tabulka dále obsahuje seznam přijatých opatření ke snížení uvedených druhů nebezpečí a rozsah zbytkového rizika s upozorněním.

Tab 7) Přehled rizik [1]

zdroje nebezpečí	stanice	identifikace nebezpečí	PLr	přijatá opatření	upozornění a zbytkové riziko
Uvedení do provozu					
Zásobování zařízení médií	ST 10 - 100	Zhmoždění; Uhodit se, Zachycení; Vstříknutí média pod vysokým tlakem; Kontakt s živými částmi; Teplota; Tlak	d	Uvedení do provozu smí provádět pouze proškolení pracovníci.	
				Nosit osobní ochranné prostředky.	Pokyny v návodu k použití.
				Elektroinstalaci mohou provádět pouze poučené osoby.	
				Řízená kontrola zvýšeného tlaku ve vedení a skladování.	
Provoz					
Manuální zakládání vykládání výrobních dílů	ST 10 - 100	Říznutí; Zhmoždění; Nebezpečný úraz na ostrých hranách součástí	b	Nosit osobní ochranné prostředky.	Pokyny v návodu k použití.
				Všechny nefunkční hrany jsou opracovány.	

Všeobecné nebezpečí					
Elektřina	ST 10 - 100	Zásah proudem; Popálení při dotyku živé části	d	Izolace živých částí.	Pokyny v návodu k použití.
				Živé části jsou v uzemněných nebo izolovaných skříních.	
				Uzemnění zařízení.	
				Zařízení během údržby jsou bez napětí.	Pokyny v návodu k použití.
				Údržbu může vykonávat pouze vyškolený a poučený personál.	Pokyny v návodu k použití.
Neočekávané spuštění pohybu stroje při/po poruše	ST 20 - 90	Zhmoždění; Chycení; Zachycení; Naražení	d	Odpojit přívod elektrické energie - Vypnout a zajistit hlavní vypínač.	Tato opatření musí být provedena před zahájením práce (např. Údržba, Čištění, Oprava). Výkonný pracovník musí vše zkontrolovat před začátkem práce při vypnutém stavu. Pokyny v návodu k použití.
				Po výpadku elektrické energie budou všechny pohyby zastaveny. Po opětovném spuštění elektrické energie nenajede zařízení do automatiky.	
				Po stisknutí nouzového zastavení a následné uvolnění systému nouzového zastavení nebude možno zařízení automaticky opětovně spustit. Zařízení musí být řízeno manuálně do definovaného stavu.	Pokyny v návodu k použití.

				Po přerušení ochranného okruhu se zařízení spustí pouze po uzavření ochranných prvků a následném uvolnění bezp. okruhu.	
Nebezpečí při zanedbání ergonomických zásad	ST 10 - 100	Únava; Porucha pohyblivých aparátů; Nevinnost, kvůli nezdravému držení těla při zakládání nebo vykládání dílů	b	Dodržování ergonomických zásad.	
		Únava nevhodným umístěním osvětlení.	b	Osvětlení pracoviště dle normy.	
Odolnost stroje nebo strojní části	ST 10 - 100	Ztráta stability / převrácení stroje	d	Stabilita stroje je zajištěna, tak že stroj je spojen se zemí. Strojní části jsou dostatečně spolu sešroubovány.	
Údržba					
Odstraňování poruch, Opravy	ST 10 - 100	Zhmoždění; Chycení; Udeřit se; Odřít se; Popálení; Elektrické nebezpečí; Záření	d	Práce by měl provádět pouze proškolený personál.	Pokyny v návodu k použití.
Robotická technika					
Průmyslový robot	ST 20 - 90	Zhmoždění; Naražení; Oděrka; Nebezpečí překlopení kvůli dynamické a statické síle	d	Bezpečné upevnění.	
		Zhmoždění; Naražení; Zachycení kvůli programovatelnému pohybu	d	Dělicí ochranné prvky.	
				Zastavení pohybu při přerušení ochranného okruhu zařízení.	
		Zhmoždění; Naražení; Zachycení při proniknutí ochranným zařízením	d	Dostatečný odstup robotu od svařovacího přípravku.	
				Bezpečnostní zařízení k zabezpečení obsluhy (rolovací vrata)	

		Zhmoždění; Naražení; Zachycení v základací oblasti (v naprogramovaném pohybovém prostoru robotu)	d	Ochranné zařízení mezi robotem a obsluhou (světelná závora).	
		Zhmoždění; Naražení; Zachycení při vstupu do nebezpečné oblasti	d	Otevřením servisních dveří budou vypnuty všechny pohony robotů a akčních členů.	Respektovat dokumentaci výrobce robotu.
Programování robotu	ST 20 - 90	Zhmoždění; Naražení; Zachycení při programovacím a seřizovacím provozu (Programování v nebezpečném prostředí)	d	Pohyb robotů při otevřených ochranných dveřích je možný jen se zvláštním klíčkem. Proto mohou být pohony roboty při otevřených ochranných dveřích aktivní.	Pokyny v návodu k použití. Robota smí programovat jen vyškolený a obeznámený odborný personál.
				Rychlost robotu při programování je redukována.	
				Robot se může pohybovat jen se stisknutým tlačítkem na ovládacím panelu robotu.	
				Práci provádí jen vyškolený a seznámený personál.	
Oblast zakládání dílů					
Zakládací prostory	ST 20 - 90	Zhmoždění; Naražení; Zachycení; Pořezání; těžké úrazy od robotu	d	Pomocí pevných zábran dochází k zamezení přístupu do zařízení skrz zakládací nebo vyjímací prostor (rolovací vrata).	
				Zabránění neočekávaných opětovných rozběhů díky dvoukanálovému řízení. Pracovní stanice jsou navrženy tak, že je možné vyhnout se nebezpečí.	

				Při přerušení bezp. okruhu ochranných dveří jsou všechny napěťové členy vypnuty.	
				Ochrana základacího prostoru (laserový scanner) zabraňuje, uzavření bezp. vrat dokud se pracovník zdržuje v prostoru základacího místa.	
				Uzavření bezpečnostních vrat je možné jen, když v prostoru mezi přípravkem a vraty není žádná osoba.	
Pracovní místa linky v oblasti pro nakládky / vykládky a ovládací panely	ST 20 - 90	Uklouznutí, Zakopnutí nebo pád osob	d	Kabelové kanály; Trubky a další možnosti zakopnutí nejsou v pracovní oblasti. Podlaha je protiskluzová.	
MIG/MAG svařování - automatické					
Svařovací oblouk	ST 20 - 90	Poškození očí a kůže UV zářením	d	Oblasti jsou opatřeny barevnými ochrannými zástěnami.	
				Používat osobní ochranné prostředky.	Pokyny v návodu k použití.
		Popálení od horké plochy (přípravek, svařované díly)	d	Používat osobní ochranné prostředky.	Pokyny v návodu k použití.
Odstříky při svařování	ST 20 - 90	Poškození očí a kůže, Popálení	d	Odstínění proti horkým odstříkům kovů.	
Škodlivé plyny (svařovací kouř)	ST 20 - 90	Obtížné dýchání; Dráždění; Otrava plyny a párami	d	Odsávání na místě vzniku.	Pokyny v návodu k použití.
				Odsávání oblasti (celé svařovny).	Pokyny v návodu k použití.

MIG/MAG svařování – ruční					
Svařovací oblouk	ST 10 a ST 100	Poškození očí a kůže UV zářením	d	Oblasti jsou opatřeny barevnými ochrannými zástěnami.	
				Používat osobní ochranné prostředky.	Pokyny v návodu k použití.
				Provádí vyškolený a kvalifikovaný personál.	
		Popálení od horké plochy (nástroj, přípravek, svařované díly)	d	Používat osobní ochranné prostředky.	Pokyny v návodu k použití.
Odstřiky při svařování	ST 10 a ST 100	Poškození očí a kůže; Popálení	d	Odstínění proti horkým odstříkům kovů.	
				Nosit osobní ochranné prostředky.	Pokyny v návodu k použití.
Škodlivé plyny (svařovací kouř)	ST 10 a ST 100	Obtížné dýchání; Dráždění; Otrava plyny a párami	d	Odsávání na místě vzniku.	Pokyny v návodu k použití.
				Odsávání oblasti (celé svařovny).	Pokyny v návodu k použití.
Ergonomie práce	ST 10 a ST 100	Únava; Porucha pohybového ústrojí; Nepohodlí způsobené nezdravým držení těla při svařování dílů	d	Dodržení principu ergonomického návrhu.	

9.2 Bezpečnostní prvky linky

Jedním ze základních bezpečnostních opatření, je návod k obsluze linky, který je určen pro obsluhujícího pracovníka. Před samotným spuštěním linky musí být provedena kontrola, která ověří, že aktuální stav linky je v souladu s bezpečnostními pokyny uvedenými v návodu k obsluze. Pracovník při vykonávání obslužných operací se musí řídit pokyny uvedenými v návodu k obsluze linky. Obslužné operace linky smí vykonávat pouze proškolená obsluha.

9.2.1 Pevné ochranné zábrany

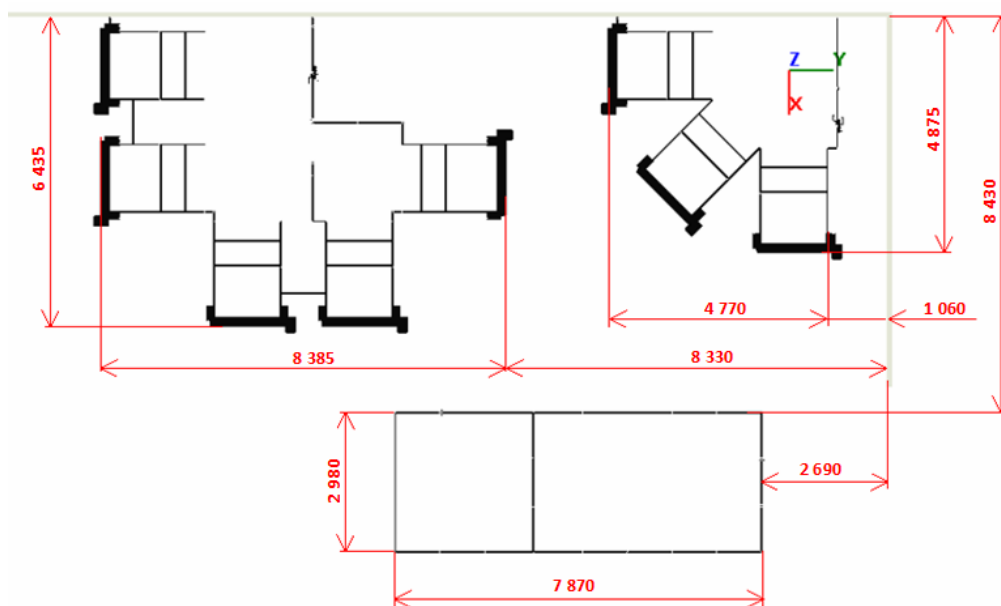
Průmyslový robot disponuje určitým pracovním prostorem, který pro obsluhu představuje tzv. nebezpečný prostor, ve kterém může dojít ke kolizi mezi robotem a obsluhou. Mechanické zábrany v podobě plotů slouží k zamezení nežádoucího vstupu pracovníka do pracovního prostoru robotu. Jednotlivé panely oplocení mají standardizovanou výšku 2 200 mm a jsou kotveny pomocí šroubů přímo do země. U robotických aplikací, kde se provádí obloukové

svařování, musí být použity ploty s plechovou nebo plastovou výplní umožňující odstínění nežádoucího zdroje UV záření. Plastové výplně musí splňovat protipožární normy. Bezpečnostní ploty nesmí zasahovat do skutečného pracovního prostoru robotu a tím omezovat jeho manévrovatelnost. Podélné ploty u svařovacích přípravků jsou navrženy tak, aby zabránili oslnění pracovníka svařovacím robotem UV zářením při souběžném pracovním cyklu na vedlejších pracovních stanicích. Přímý vstup do robotické buňky je realizován servisními dveřmi. Pro vstup do zakládacích prostorů buňky budou využívány bezpečnostní rolovací vrata. Na obrázku 35 je zobrazen bezpečnostní plot linky, na obrázku 36 je zobrazen půdorys oplocení linky.

Pokud je nutné ochranné oplocení demontovat pro účely oprav, nesmí být zařízení v provozu (musí být zajištěno proti opětovnému spuštění).



Obr. 35) Panel bezpečnostního plotu



Obr. 36) Půdorys oplocení linky

9.2.2 Dveřní systémy

Tyto systémy se používají pro zabezpečení servisních dveří umístěných v bezpečnostním plotu. Při snaze pracovníka vstoupit do pracovního prostoru buňky servisními dveřmi, bude vstup odepřen, dokud robot nebude v bezpečné poloze, např. v pozici „home“. Součástí mechanismu je oboustranná klika, která umožňuje v případě ohrožení opustit pracovní prostor. Je-li obsluha přítomna v tomto prostoru buňky, nesmí za žádných okolností dojít k zavření dveří a spuštění robotu v automatickém pracovním cyklu. Robot lze spustit jen v ručním režimu, při kterém je možno provádět jeho programování nebo údržbu. Pro zamezení zavření servisních dveří z vnější strany slouží mechanický zámek zavěšený na dveřní systém. Na obrázku 37 je zobrazen bezpečnostní dveřní systém implementován do linky.



Obr. 37) Bezpečnostní dveřní systém [4]

Pro vstup do základacích prostorů buňky jsou určeny bezpečnostní rolovací vrata. Vrata jsou vybavena koncovými snímači, které detekují jejich stav. Nebudou-li vrata zcela zavřená, nedojde ke spuštění pracovního cyklu. Na obrázku 38 jsou zobrazeny bezpečnostní rolovací vrata implementovány do linky.



Obr. 38) Bezpečnostní rolovací vrata [5]

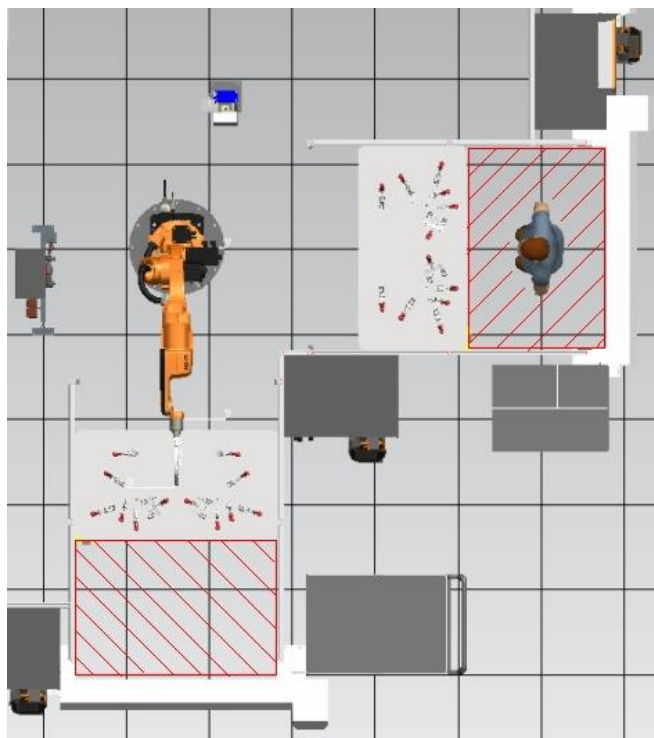
Během pracovního cyklu není vyžadována přítomnost pracovní obsluhy. Robot pracuje zcela automaticky pracovní rychlostí, která přesahuje 250 mm/s. Všechny bezpečnostní prvky jsou v aktivním stavu. Robot se zastaví až na konci cyklu, nebo při přerušení bezpečnostních okruhů buňky, nebo při vnějším zásahu obsluhy. Při přepnutí z automatického režimu na ruční režim dojde k zastavení pracovního cyklu robotu. Ruční režim je použit při programování nebo údržbě robotu. Pracovní obsluha je v přímém kontaktu s robotem, a proto se robot pohybuje sníženou rychlostí, která nepřesáhne 250 mm/s.

9.2.3 Laserový skener

Laserový scanner detekuje pohyb v základacím prostoru stanice v robotických buňkách. Funguje na principu vyzařování impulsního infračerveného paprsku. Paprsek vychází z fotodiody, prochází optickou soustavou a dopadá na otočné zrcadlo. Vychylováním paprsku pomocí otočného zrcadla vzniká hlídaná bezpečnostní zóna. Vstoupí-li pracovník do hlídaného prostoru, tak se paprsek od něj odrazí zpět do scanneru, který zamezí spuštění nového pracovního cyklu stanice. Tvar hlídané bezpečnostní zóny lze softwarově nastavit. Pracuje-li robot v automatickém režimu, tak pracovní obsluha se smí pohybovat pouze v hlídaném základacím prostoru volné stanice. Na obrázku 39 je zobrazen laserový scanner implementován do svařovací linky a na obrázku 40 jsou zobrazeny základací prostory buňky R03. Laserový scanner je nutné kontrolovat, čistit a udržívat dle pokynů výrobce, viz podklady výrobce.



Obr. 39) Laserový scanner [6]



Obr. 40) Zakládací prostor R03 – bezpečnostní zóna

9.2.4 Světelné závory

Světelné závory detekují pohyb v prostoru před svařovacím přípravkem robotické buňky. Fungují na principu světelných paprsků mezi vysílačem a přijímačem. Světelné paprsky pokrývají svislou plochu na konci přípravku směrem od zakládacího prostoru stanice.

Po ukončení svařovacího procesu robotem ve stanici dojde k automatickému sepnutí bezpečnostní světelné závory. Světelná závora v dané stanici je sepnuta po celou dobu přítomnosti pracovníka v zakládacím prostoru. Tento bezpečnostní prvek chrání pracovníka ve stanici před neřízeným a neočekávaným přiblížením robotu ke svařovacímu přípravku během zakládacích operací. Je-li minimálně jeden ze světelných paprsků přerušen, je vyslán do řídicí jednotky robotu vypínací signál pro zastavení nebezpečného stavu. Poloha světelné závory je navržena tak, aby se robot zastavil ještě před samotným svařovacím přípravkem, při neřízeném vjezdu do stanice, tzn. v bezpečné vzdálenosti od pracovníka. Vzdálenost světelné závory od svařovacího přípravku byla stanovena experimentálně na základě reakčních parametrů doběhu robotu. Na základě těchto parametrů v softwaru Process Simulate byla určena doběhová vzdálenost robotu. Tato hodnota byla povýšena o bezpečnostní parametr.

$$L_s = l_D + x_0$$

$$L_s = 250 + 70 = 320 \text{ mm}$$

kde: L_s - vzdálenost světelné závory od svařovacího přípravku [mm]

l_D - půdorysná vzdálenost doběhu robotu [mm]

x_0 - bezpečnostní parametr [mm]

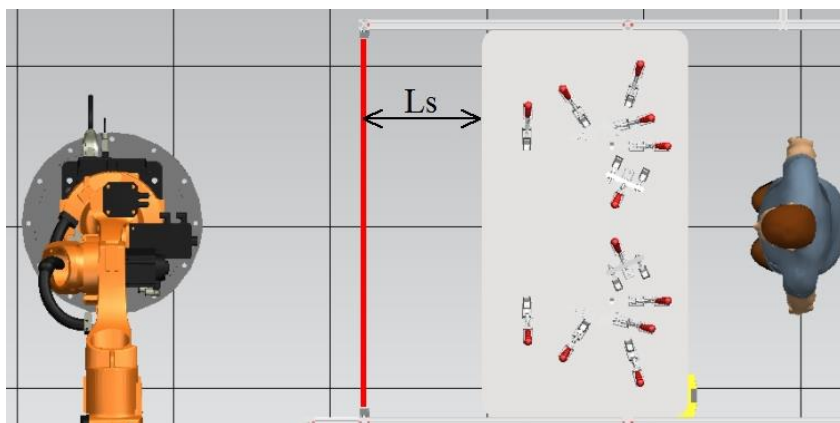
V tabulce 8 jsou uvedeny reakční parametry doběhu robotu. Na obrázku 41 a 42 je zobrazena světelná závora implementovaná do svařovací linky. Světelné závory je nutné kontrolovat, čistit a udržovat dle pokynů výrobce, viz podklady výrobce.

Tab 8) Parametry doběhu robotu [3]

osa robotu	vzdálenost doběhu [°]	čas doběhu [s]
A1	21,32	0,22
A2	25,12	0,25
A3	18,42	0,16



Obr. 41) Světelná závora [6]



Obr. 42) Vzdálenost světelné závory od svařovacího přípravku

9.2.5 Nouzové zastavení

Spínač pro nouzové zastavení slouží k rychlému zastavení buňky, respektive robotu v případě nutnosti. Po aktivaci nouzového zastavení je nejprve nutné provést reset pracovního cyklu robotu, až poté je možno opětovně spustit pracovní cyklus. Aktivací tlačítka pro nouzové zastavení nesmí dojít k vyřazení dalších bezpečnostních prvků. Každá buňka v lince obsahuje více těchto spínačů umístěných na viditelných a snadno dostupných místech. Parametry toho zařízení jsou definovány normou. Na obrázku 43 je zobrazeno tlačítko nouzového zastavení implementováno do svařovací linky.



Obr. 43) Nouzové zastavení [6]

9.2.6 Signální věž

Signální věž zvyšuje bezpečnost svařovací linky. Na základě světelných signálů obsluha pracoviště snadno rozezná aktuální stav jednotlivých stanic. Možné stavy jsou: stanice pracuje v automatickém režimu bez poruchy, stanice je nouzově zastavena, nebo na stanici probíhá údržba. Signální věž je umístěna na bezpečnostním plotu v blízkosti rolovacích vrat jednotlivých stanic. Na obrázku 44 je zobrazena signální věž implementována do svařovací linky.



Obr. 44) Signální věž [7]

9.3 Přehled norem pro posouzení shody

Níže jsou uvedeny harmonizované normy, které jsou potřeba pro posouzení strojního zařízení.

Tab 9) Přehled norem

Přehled norem		
Označení dokumentu	Název dokumentu	
ČSN EN ISO 12 100	Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika	ANO
ČSN EN ISO 12 100-1	Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Část 1: Základní terminologie, metodologie	ANO
ČSN EN ISO 12 100-2	Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Část 2: Technické zásady	ANO
ČSN EN ISO 13849-1	Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 1: Obecné zásady pro konstrukci	ANO
ČSN EN ISO 13849-2	Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů – Část 2: Ověřovací platnost	ANO
ČSN EN ISO 13 850	Bezpečnost strojních zařízení - Nouzové zastavení – Zásady pro konstrukci	ANO
ČSN EN ISO 13 855	Bezpečnost strojních zařízení – Umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlosti přiblížení části lidského těla	NE
ČSN EN ISO 13 857	Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu k nebezpečným místům horními a dolními končetinami	ANO
ČSN EN 349+A1	Bezpečnost strojních zařízení – Nejmenší mezery k zamezení stlačení části lidského těla	ANO
ČSN EN 62061	Bezpečnost strojních zařízení – Funkční bezpečnost elektrických, elektronických a programovatelných elektronických řídicích systémů souvisejících s bezpečností	ANO
ČSN EN ISO 3834-3	Požadavky na jakost při tavném svařování kovových materiálů – Část 3: Standardní požadavky na jakost	ANO
ČSN EN ISO 15607	Stanovení a kvalifikace postupů svařování kovových materiálů – Všeobecná pravidla	ANO
ČSN EN ISO 5817	Svařování – Svarové spoje zhotovené tavným svařováním – Určování stupňů kvality	ANO
ČSN EN ISO 6024	Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část 1: Všeobecné požadavky	ANO
ČSN EN ISO 61000-6-4	Elektromagnetická kompatibilita – Část 6-2 Kmenové normy – Emise – Průmyslové prostředí	ANO
ČSN EN ISO 61000-6-2	Elektromagnetická kompatibilita – Část 6-2 Kmenové normy – Odolnost pro průmyslové prostředí	ANO

10 KOMPONENTY SVAŘOVACÍ LINKY

V této kapitole jsou uvedeny jednotlivé komponenty, ze kterých je složena celá svařovací linka. Hlavní implementované komponenty jsou detailněji popsány v předchozích kapitolách. Komponenty jsou rozděleny do podskupin a uvedeny v tabulce 10.

Tab 10) Seznam komponentů svařovací linky

Robot	
robotová řídicí skříň	4 ks
RIP jednotka	4 ks
robotová podesta	4 ks
Robot KUKA CYBERTECH	4 ks
Svařovací technika	
MIG/MAG aut. CMT, komplet. zařízení	4 ks
MIG/MAG manuální	2 ks
čistění hořáku / zastřihovač drátu	4 ks
Přípravky	
GEO přípravek – malý (cca 4 upínače)	9 ks
GEO přípravek – střední (cca 8 upínačů)	6 ks
GEO přípravek – velký (cca 12 upínačů)	1 ks
dovářecí přípravek – střední (cca 8 upínačů)	1 ks
Transportní technika	
vyjímací vozík – man.	11 ks
Bezpečnostní technika	
uvolňovací tlačítko	8 ks
světelná závora	8 ks
laserový scanner	8 ks
rolovací vrata	8 ks
jednokřídlé dveře vstupní, vč. bezp. zámku	1 ks
dvoukřídlé dveře vstupní, vč. bezp. zámku	1 ks
zastínění pracoviště, 1m	71 ks
Elektro	
PLC S7-300, CPU	1 ks
PC ovládací terminál	2 ks
kabelové trasy – kompletní PLC	1 ks
silový rozvaděč (SV)	1 ks

Ostatní	
rozvody médií ARG	1 ks
odsávací digestoř vč. vedení do cca. 4,5m	4 ks
materiálové regály	5 ks

11 DIGITÁLNÍ TOVÁRNA TECNOMATIX

Nedílnou součástí průmyslové revoluce 4.0 je tzv. digitální továrna. Digitální továrna představuje skutečnou továrnu ve virtuálním prostředí. Cílem digitální továrny je systémové projektování, ověřování a modifikování výrobních procesů, které budou implementovány do reálné továrny.

Samotná realizace digitální továrny začíná již při prvotním návrhu jednotlivých komponentů využívaných ve výrobním procesu. Poté následuje přiřazení pracovních operací k navrženým komponentům. Výstupním parametrem je zvýšení efektivity procesů ve výrobě vzhledem k předchozímu stavu výroby. Další výhodou simulačního prostředí virtuální továrny je snížení časové náročnosti při plánování a následně uvedení výrobního celku do provozu.

Digitální továrna Tecnomatix je komplexní sada softwarových nástrojů pro plánování a ověřování výrobních procesů od společnosti SIEMENS. Tecnomatix se skládá ze třech základních plánovacích softwarů – Process Designer, Process Simulate a Plant Simulation. Tyto softwary digitální továrny Tecnomatix jsou určeny pro různé úrovně plánování výroby [8].

11.1 Process Designer

Jedním z plánovacích softwarů z portfolia Tecnomatix je Process Designer. Je určen pro plánovače a návrháře výrobních linek a hal. Umožňuje 3D rozmístění strojů a rozvržení jednotlivých procesů ve výrobní hale. Plánovač definuje časovou náročnost a návaznost jednotlivých pracovních a obslužných procesů. Výsledný výrobní proces je definován přiřazením výrobních procesů ke strojům a nástrojům. Takto vytvořený 3D layout lze importovat do Process Simulate, kde se provede simulace navržených výrobních procesů [8].

11.2 Process Simulate

Siemens Process Simulate je software umožňující simulační ověření výrobních procesů ve 3D prostředí. V programu Process Simulate lze vytvářet, nebo do něj importovat 3D modely jednotlivých strojů a nástrojů z CAD softwarů. Dále umožňuje importovat podskupiny výrobních linek navržených přímo v Process Designer (Process Designer je vzájemně propojen s Process Simulate). Na základě těchto modelů lze virtuálně sestavit kompletní výrobní linky. Nástroje Process Simulate umožňují nastavit a přiřadit kinematické vlastnosti jednotlivým modelům v takto vytvořených výrobních linkách. Na základě chování celkového modelu jsme schopni odhalit a následně verifikovat skryté kolizní stavy a proveditelnost montáže již během samotného návrhu pracoviště. Dále jsme schopni simulovat materiálové toky a logistiku ve výrobě. Na základě toho můžeme vhodně dimenzovat skladovací a transportní celky ve výrobě. V Process Simulate jsme dále schopni provádět simulaci ergonomičnosti pracovního postupu. U robotických výrobních procesů je možno vygenerovat řídicí programy přímo pro konkrétní robotický kontrolér a následně jej fyzicky nahrát do robotu. Virtuální zprovoznění již během plánování snižuje výslednou časovou náročnost při uvádění výrobních celků do provozu [8].

11.3 Plant Simulation

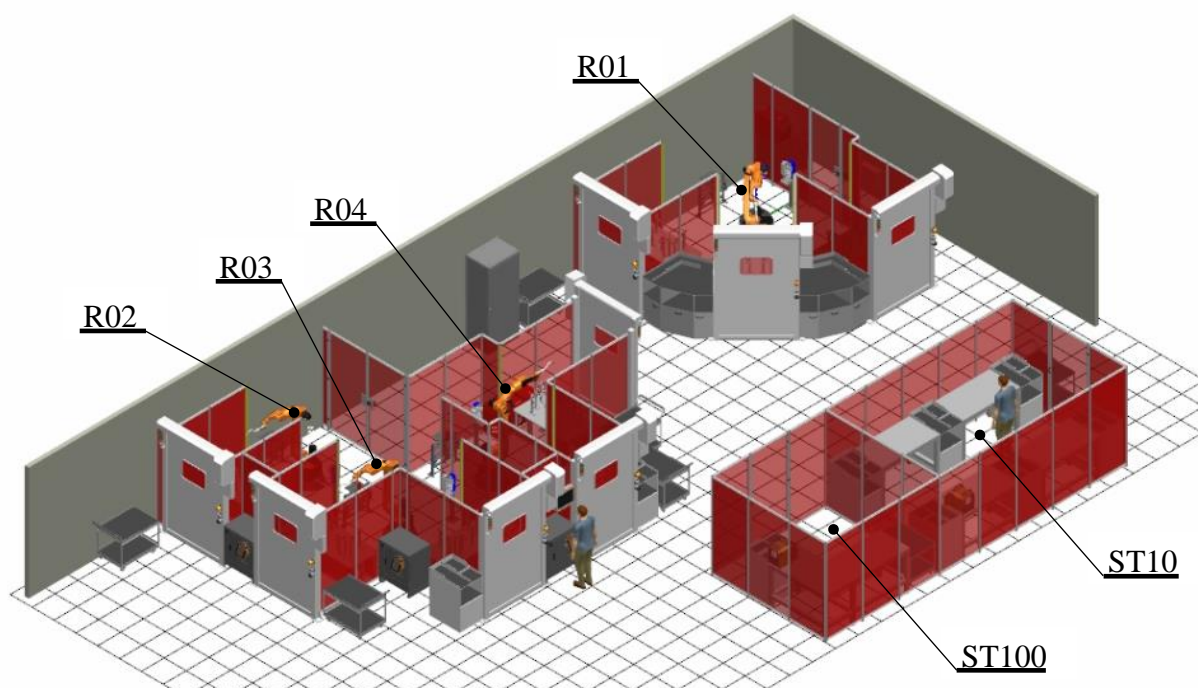
Plant Simulation již není, tak vzájemně propojen jako předchozí dva produkty od Tecnomatix. Jedná se o software, který umožňuje navrhnout a optimalizovat výrobní procesy a tok materiálu v rámci celé továrny. Jednotlivá pracoviště ve výrobní lince jsou modelována jako jeden celek. Plánování se provádí mezi takto vytvořenými jednotlivými celky ve výrobě. Nezohledňují se jednotlivé dílčí pracovní operace strojů. Plant Simulation tedy slouží pro plánování výroby ve vyšší řídicí úrovni, než Process Designer a Process Simulation [8].

12 SIEMENS PROCESS SIMULATE

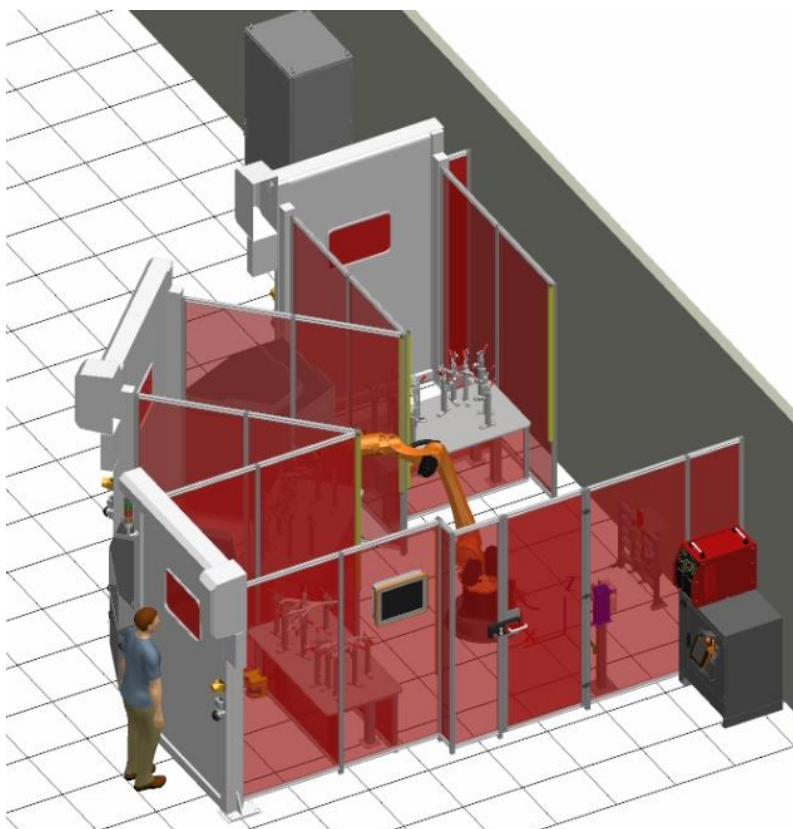
V softwaru Siemens Process Simulate byla provedena simulace svařovacího procesu. Nejprve byl sestaven simulační model celé svařovací linky a následně byla provedena simulace pracovních operací u robotického svařování „Sedla levá strana / pravá strana“ ve stanici dvacet v robotické buňce R01.

12.1 Model linky

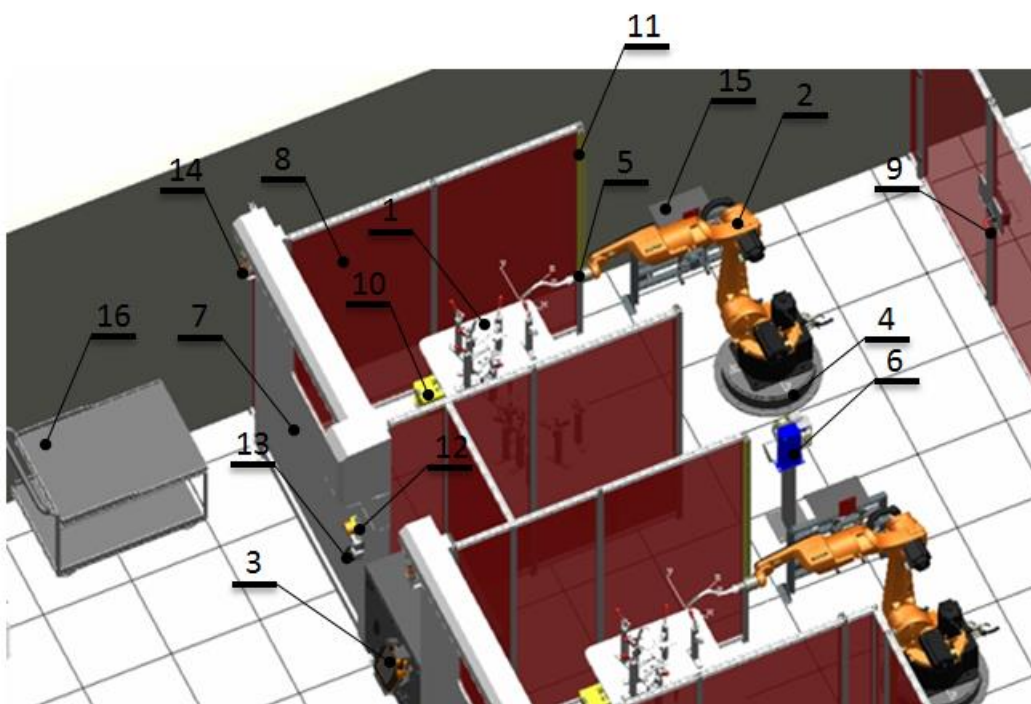
Základními prvky celého modelu jsou čtyři svařovací roboty KUKA KR CYBERTECH ARC – kr8 r2100. Na základě polohy robotů byly umístěny jednotlivé svařovací přípravky v pracovních buňkách. Následně byl pracovní prostor jednotlivých stanic ohraničen bezpečnostním plotem. Do bezpečnostního plotu byly umístěny servisní a rolovací vrata pro vstup do pracovních prostor buňky. Poté byly vloženy zbylé periferní zařízení robotu. V závěru byla celá linka vybavena bezpečnostními a řídicími prvky. Kompletní 3D model linky je zobrazen na obrázku 45. Na obrázku 46 až 50 jsou zobrazeny detaily jednotlivých buněk a stanic linky.



Obr. 45) Model linky



Obr. 46) Svařovací stanice R01 – 20



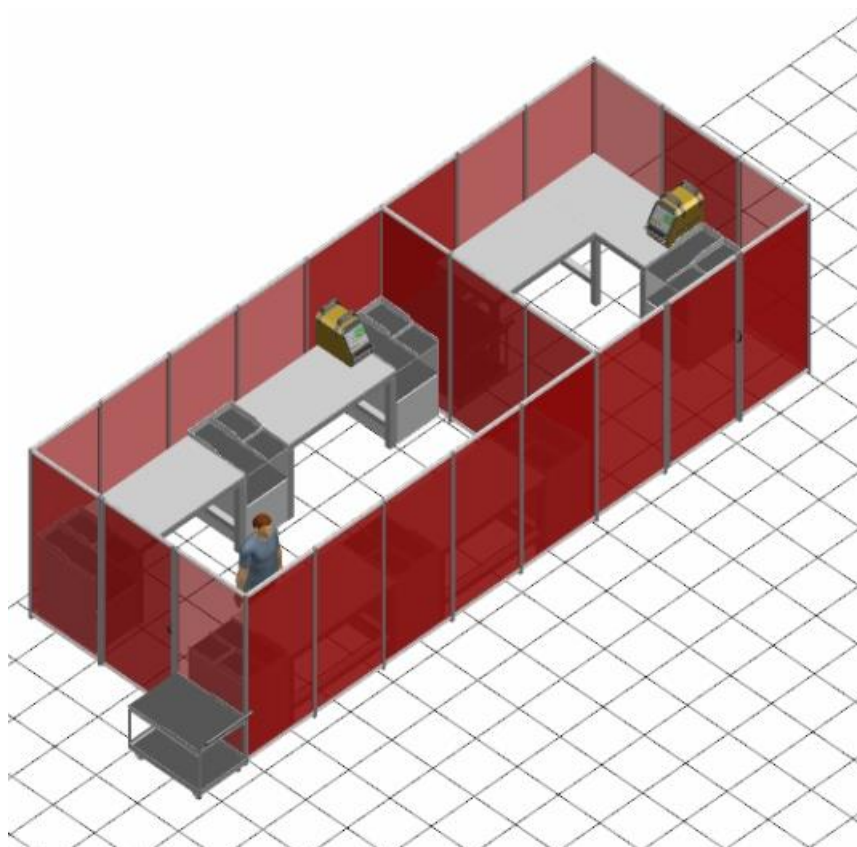
Obr. 47) Svařovací stanice R02 – 50. 1 – přípravek, 2 – robot, 3 – KR cabinet, 4 – robotický pedestal, 5 – svařovací hořák, 6 – čistící stanice hořáku, 7 – bezpečnostní rolovací vrata, 8 – oplocení, 9 – bezpečnostní zámek, 10 – laserový scanner, 11 – světelná závora, 12 – nouzové zastavení, 13 – spouštěcí tlačítko, 14 – signální věž, 15 – přívod médií, 16 – vyjímací vozík



Obr. 48) Svařovací stanice R03 – 60, R03 – 70



Obr. 49) Svařovací stanice R04 – 80, R04 - 90

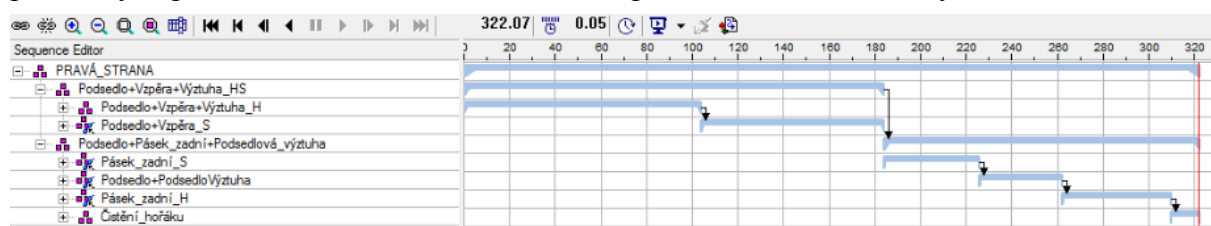


Obr. 50) Ruční pracoviště – stanice 10

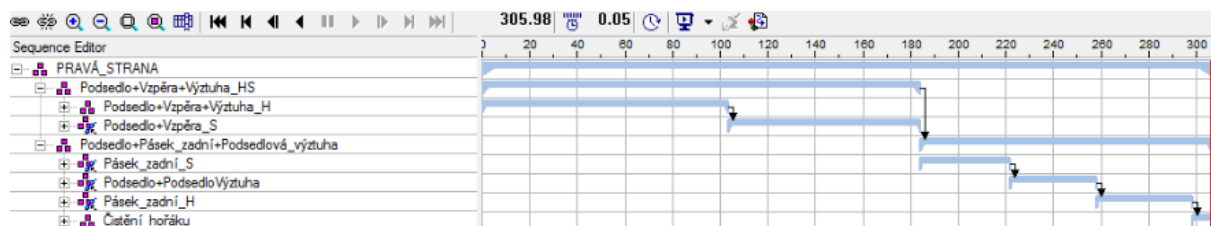
12.2 Simulace

Na základě 3D simulačního modelu linky byla vytvořena pracovní dráha hořáku svařovacího robotu. Dráha hořáku je tvořena jednotlivými nájezdovými a svarovými body. Pomocí simulace byla zkontrolována dostupnost svařovacího robotu do všech svařovacích míst svařence a současně byly vyloučeny kolizní stavy robotu se svařovacím přípravkem a dalšími periferiemi buňky. Tím byla ověřena správnost návrhu dílčích systémů robotické linky.

Na obrázcích 51 a 52 jsou zobrazeny časové sekvence pracovních operací vykonávané robotem na dílci „Sedlo levá strana / pravá strana“ umístěném v pracovní stanici R01 – 20. Na obrázku 51 je zobrazena časová sekvence operací při defaultním nastavení simulačního modulu. Na obrázku 52 je zobrazena časová sekvence operací při zapojení RCS modulu. RCS modul umožňuje přesné nastavení kinematických parametrů zvoleného robotu při vykonávané operaci. Při optimálním nastavení tohoto modulu lze simulovat výrobní proces při reálných podmínkách a tím získat skutečnou představu bez nutnosti fyzického ověření.



Obr. 51) Defaultní nastavení



Obr. 52) RCS modul

13 ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Byl vypracován koncept robotické linky pro svařovací aplikaci, respektive pro obloukové svařování rámu motocyklu. Práce se skládá z plánovací, konstrukční a simulační části.

V plánovací části práce byly zohledněny premisy projektu, na základě jichž byl naplánován hrubý výrobní proces. Dále byl vytvořen kompletní 2D layout svařovací linky, následně byla předběžně navržena produktová řada robotů KUKA KR CYBERTECH ARC a svařovací technika. Celá svařovna je rozdělena na manuální a robotickou část. Robotizovaná část provádí 88,5% svarových spojů na rámu motocyklu. Nedílnou součástí plánování je i volba bezpečnostních prvků, které zajistí bezpečný chod svařovací linky během provozu.

V konstrukční části práce byl navržen svařovací přípravek, který umožňuje snadný přístup člověku a svařovacímu robotu k jednotlivým svařovaným dílům. Dále zajišťuje vzájemně přesné upnutí dílů a s bezpečnostním oplocením vymezuje bezpečný základací prostor v jednotlivých robotických stanicích.

V simulační části práce byl vytvořen 3D model svařovny v softwaru Process Simulate. Reálný 3D model linky byl vytvořen za pomoci 2D layoutu, dále byl vybrán optimální typ robotu KUKA CYBERTECH ARC kr8 r2100. Na základě 3D modelu svařovny byla provedena simulace pracovního cyklu v jedné robotické stanici. Simulace potvrdila správnost návrhu a tím vyloučila možné kolizní stavy, které by vznikly přímo při montáži, což zkrátí celkový čas uvedení svařovny do provozu.

14 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá automatizací reálného výrobního procesu, určeného k výrobě motocyklových rámu obloukovým svařováním. Práce je rozdělena do několika hlavních bloků, které vzájemně na sebe logicky navazují.

V první části práce (kapitola 3 a 4) je popsáno zadání a vstupní premisy, které definují základní parametry svařovaného rámu, výrobního cyklu a výrobní haly.

V další části (kapitola 5) je graficky popsán rozbor svařence, kde jsou zobrazeny jednotlivé podsestavy a díly rámu motocyklu. Na základě toho byl stanoven celkový počet svařovacích stanic linky.

Následuje návrh svařovací linky (kapitola 6), který je tvořen layoutem linky. Layout zobrazuje koncepční návrh linky. Celá svařovací linka je rozdělena na manuální a robotickou část. Linka se dále dělí na devět svařovacích stanic. Stanice s označením deset je určena pro manuální výrobu základních komponent rámu motocyklu. K této stanici je přidána manuální repasní stanice. Stanice s označením dvacet až devadesát jsou určeny pro robotické svařování jednotlivých komponent rámu motocyklu. Robotizované stanice jsou rozděleny do čtyř buněk a každou z nich obsluhuje jeden průmyslový robot. Dále v kapitole je uveden podrobný popis materiálového toku a obslužných operací navrhované linky. Součástí návrhu je volba svařovací techniky, produktové řady robotů a obslužných periférií.

V další kapitole je pomocí Ganttova diagramu sestavena kompletní časová analýza. Na základě této analýzy je stanovena výsledná vytíženost jednotlivých pracovníků a robotů v lince během pracovního taktu (kapitola 7).

Dále je v práci popsán návrh svařovacího přípravku (kapitola 8). Jsou zde uvedeny jeho jednotlivé konstrukční celky a sled upínání jednotlivých dílů do přípravku.

V další kapitole je popsána bezpečnost linky (kapitola 9). Jsou zde uvedeny všechny nutné bezpečnostní prvky a přehled možných bezpečnostních rizik spojených s provozem svařovací linky. Následuje soupiska všech implementovaných prvků do linky (kapitola 10).

Poslední část práce se zabývá simulací navrženého konceptu linky. Nejprve je představen pojem digitální továrna a softwarové nástroje Tecnomatix (kapitola 11). Dále je zjednodušeně popsán postup vytvoření 3D simulačního modelu linky a následné simulace pracovního cyklu svařovacího robotu v softwaru Siemens Process Simulate (kapitola 12).

Navržený koncept pracoviště představuje funkční celek splňující jak veškeré požadavky zadavatele projektu, tak i zadání diplomové práce.

15 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Dokumentace firmy Chropyněská strojírna, a.s.
- [2] Fronius [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://www.fronius.com/cs-cz/czech-republic>
- [3] KUKA [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz>
- [4] Euchner [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://www.euchner.cz/>
- [5] ASSA ABLOY [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.assaabloy.cz/cs/local/cz/>
- [6] SICK [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/>
- [7] Elfetex [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <http://eshop.elfetex.cz/>
- [8] SIEMENS [online]. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/tecnomatix/>

16 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

16.1 Seznam tabulek

TAB 1) PROVÁDĚNÉ ČINNOSTI PRACOVNÍKY W01 A W02 NA SVAŘOVACÍ LINCE	47
TAB 2) TECHNICKÉ ÚDAJE SVAŘOVACÍHO ZDROJE.....	47
TAB 3) TECHNICKÉ ÚDAJE SVAŘOVACÍHO HOŘÁKU	48
TAB 4) TECHNICKÉ ÚDAJE ŘADY ROBOTŮ KR CYBERTECH	49
TAB 5) ČASOVÁ ANALÝZA – ZADNÍ PODPĚRA	51
TAB 6) ČASOVÁ ANALÝZA – SEDLO LEVÁ STRANA / PRAVÁ STRANA..	52
TAB 7) PŘEHLED RIZIK.....	59
TAB 8) PARAMETRY DOBĚHU ROBOTU.....	69
TAB 9) PŘEHLED NOREM.....	71
TAB 10) SEZNAM KOMPONENTŮ SVAŘOVACÍ LINKY	73

16.2 Seznam obrázků

OBR. 1) MODEL SVAŘENCE	19
OBR. 2) PŮDORYS VÝROBNÍ HALY – ZÁSTAVNÝ PROSTOR.....	21
OBR. 3) STANICE 90 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – RÁM GEO 4	23
OBR. 4) STANICE 80 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – RÁM GEO 3	24
OBR. 5) STANICE 70 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – RÁM GEO 2	25
OBR. 6) STANICE 60 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – RÁM GEO 1	26
OBR. 7) STANICE 50 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – PÁTEŘ PRAVÁ STRANA.....	27
OBR. 8) STANICE 50 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – PÁTEŘ LEVÁ STRANA	28
OBR. 9) STANICE 40 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – SEDLO GEO 2	29
OBR. 10) STANICE 30 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – SEDLO GEO 1.....	30
OBR. 11) STANICE 20 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – SEDLO PRAVÁ STRANA	31
OBR. 12) STANICE 20 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – SEDLO LEVÁ STRANA.....	32
OBR. 13) STANICE 10 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – KRYT KORNOUTU PRAVÝ ...	33
OBR. 14) STANICE 10 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – KRYT KORNOUTU LEVÝ	34
OBR. 15) STANICE 10 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – ZÁMEK SEDLA.....	35
OBR. 16) STANICE 10 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – VÝZTUŽ KRKU ŘÍZENÍ SPODNÍ	36
OBR. 17) STANICE 10 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – KRK ŘÍZENÍ S DORAZEM.....	37

OBR. 18) STANICE 10 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – ÚCHYT ZADNÍHO BLATNÍKU	38
OBR. 19) STANICE 10 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – NÁSTAVEC NA STOJAN	39
OBR. 20) STANICE 10 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – ZADNÍ PODPĚRA	40
OBR. 21) STANICE 10 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – ÚCHYT PRUŽÍCÍ JEDNOTKY LEVÝ	41
OBR. 22) STANICE 10 – SLED ZAKLÁDÁNÍ – ÚCHYT PRUŽÍCÍ JEDNOTKY PRÁVÝ	42
OBR. 23) LAYOUT SVAŘOVACÍ LINKY	43
OBR. 24) LAYOUT RUČNÍHO PRACOVIŠTĚ	44
OBR. 25) LAYOUT ROBOTIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ – R01	44
OBR. 26) LAYOUT ROBOTIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ – R02	45
OBR. 27) LAYOUT ROBOTIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ – R03	46
OBR. 28) LAYOUT ROBOTIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ – R04	46
OBR. 29) ROBOT KUKA KR CYBERTECH ARC	49
OBR. 30) ROBOTICKÝ PEDESTAL	50
OBR. 31) NOSNÝ PRVEK S MANUÁLNÍ UPÍNKOU	56
OBR. 32) SVAŘOVACÍ PŘÍPRAVEK	56
OBR. 33) SVAŘOVACÍ PŘÍPRAVEK S UPNUTÝM SVAŘENCEM	57
OBR. 34) SLED ZAKLÁDÁNÍ KOMPONENTŮ	57
OBR. 35) PANEL BEZPEČNOSTNÍHO PLOTU	65
OBR. 36) PŮDORYS OPLOCENÍ LINKY	65
OBR. 37) BEZPEČNOSTNÍ DVEŘNÍ SYSTÉM	66
OBR. 38) BEZPEČNOSTNÍ ROLOVACÍ VRATA	66
OBR. 39) LASEROVÝ SCANNER	67
OBR. 40) ZAKLÁDACÍ PROSTOR R03 – BEZPEČNOSTNÍ ZÓNA	68
OBR. 41) SVĚTELNÁ ZÁVORA	69
OBR. 42) VZDÁLENOST SVĚTELNÉ ZÁVORY OD SVAŘOVACÍHO PŘÍPRAVKU	69
OBR. 43) NOUZOVÉ ZASTAVENÍ	70
OBR. 44) SIGNÁLNÍ VĚŽ	70
OBR. 45) MODEL LINKY	77
OBR. 46) SVAŘOVACÍ STANICE R01 – 20	78

OBR. 47) SVAŘOVACÍ STANICE R02 – 50. 1 – PŘÍPRAVEK, 2 – ROBOT, 3 – KR CABINET, 4 – ROBOTICKÝ PEDESTAL, 5 – SVAŘOVACÍ HOŘÁK, 6 – ČISTÍCÍ STANICE HOŘÁKU, 7 – BEZPEČNOSTNÍ ROLOVACÍ VRATA, 8 – OPLOCENÍ, 9 – BEZPEČNOSTNÍ ZÁMEK, 10 – LASEROVÝ SCANNER, 11 – SVĚTELNÁ ZÁVORA, 12 – NOUZOVÉ ZASTAVENÍ, 13 – SPOUŠTĚCÍ TLAČÍTKO, 14 – SIGNÁLNÍ VĚŽ, 15 – PŘÍVOD MÉDIÍ, 16 – VYJÍMACÍ VOZÍK	78
OBR. 48) SVAŘOVACÍ STANICE R03 – 60, R03 – 70	79
OBR. 49) SVAŘOVACÍ STANICE R04 – 80, R04 - 90.....	79
OBR. 50) RUČNÍ PRACOVISTĚ – STANICE 10.....	80
OBR. 51) DEFAULTNÍ NASTAVENÍ.....	81
OBR. 52) RCS MODUL	81

17 SEZNAM PŘÍLOH

Svařovací linka – 3D model [jt]

Časová analýza [pdf]